

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

Yksittäistuotannon ohjattavuusanalyysi

**Työn tekijä: Tero Korhonen
Työn valvoja: Markku Saarnio
Työn ohjaaja: Juha Kaivolainen**

Työ hyväksytty: 17. 4. 2007

**Markku Saarnio
lehtori**

ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Merima Oy:n tuotantolaitokselle. Haluan kiittää syvästi projektissa mukana olleita henkilöitä kehityspäällikkö Juha Kaivolaista, tuotantopäällikkö Mika Myllymäkeä ja lehtori Markku Saarniota.

Helsingissä 17.4.2007

Tero Korhonen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Tero Korhonen	
Työn nimi: Yksittäistuotannon ohjattavuusanalyysi	
Päivämäärä: 17.4.2007	Sivumäärä: 35 s. + 4 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	
Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka	
Työn valvoja: Markku Saarnio	
Työn ohjaaja: Juha Kaivolainen	
<p>Tässä työssä tutkitaan Merima Oy:n tuotantolaitoksen toimintaa ohjattavuusanalyysillä. Työn tarkoituksena on etsiä potentiaalisia kehityskohteita yrityksen tuotannosta. Yrityksen tuotanto on muutospainneessa ja se tarvitsee kvantitatiivista informaatiota kehityksen suunnannäyttäjäksi.</p> <p>Työ aloitettiin jalostamalla yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä saatava data analysoitavana muotoon. Tämän jälkeen päätettiin analyysityypeistä, joita työssä käytetään. Analyysivaiheessa jalostettu data saatettiin informoivaan muotoon, jonka jälkeen voitiin analysoida tuloksia ja tehdä johtopäätöksiä.</p> <p>Työn tuloksena saadaan joukko kehityskohteita, joihin kehityspanos tulisi fokusoida. Lisäksi raportin lopussa pohditaan keinoja kehityskohteiden parantamiseksi.</p>	
Avainsanat: yksittäistuotanto, ohjattavuusanalyysi	

ABSTRACT

Name: Tero Korhonen	
Title: Controllability Analysis in Item Production	
Date: 17.4.2006	Number of pages: 35 + 4 appendix
Department: Machine and Production Engineering	
Study Programme: Production Engineering	
Instructor: Markku Saarnio	
Supervisor: Juha Kaivolainen	
<p>This final year project uses a controllability analysis to examine the performance of the production facility at Merima Inc. The goal of this project is to find potential development areas in the company's production facility. The company's production facility is looking for ways to improve and develop working methods and this is why the production facility needs quantitative information to guide this development.</p> <p>The project began by processing data from the company's production management system into a form allowing closer analysis. The next step was to decide on the analysis types to be used in this project. In the analysis phase the processed data was converted to informative form, which led to analysing the results and conclusion making.</p> <p>Based on the findings of this study, suggestions have been made for a group of development areas on which development efforts should be focused. Finally, this study offers methods for improving the development areas.</p>	
Keywords: item production, controllability analysis	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITTELY	1
2.1	Tuotanto	2
2.2	Nykytilanne yrityksessä	5
3	TUOTANNONOHJAUS YKSITTÄISVALMISTUKSESSA	8
3.1	Läpimenoaika	9
3.2	Kapasiteetti ja kuormitus	9
3.3	Ohjattavuus	10
4	OHJATTAVUUSANALYYSI	10
4.1	Ohjattavuusanalyysin periaate	13
4.2	Analyysit	13
4.2.1	<i>Painopisteanalyysit</i>	14
4.2.2	<i>Läpimenoaika-analyysi</i>	14
4.2.3	<i>Työkustannusrakenneanalyysi</i>	14
5	ANALYYSIT JA TULOKSET	15
5.1	Kehityksen painopiste	16
5.2	Läpimenoaika	19
5.2.1	<i>Seinäelementit</i>	20
5.2.2	<i>Ikkunaelementit</i>	22
5.2.3	<i>Kattoelementit</i>	24
5.2.4	<i>Lattiaelementit</i>	26
5.2.5	<i>Ilmastointiosat</i>	27
5.3	Kuormitusrakenne	28
5.3.1	<i>Seinäelementit</i>	28
5.3.2	<i>Ikkunaelementit</i>	29
5.3.3	<i>Kattoelementit</i>	30
5.3.4	<i>Lattiaelementit</i>	31
6	OHJATTAVUUSANALYYSIN HAVAINNOT	31
6.1	Kuormituslaskenta	33

6.2	Tuotannon keskeytyminen	33
6.3	Jälkilaskentaongelma	34
6.4	Tuotetilaus	34
VIITELUETTELO		35
LIITTEET		
LIITE 1	Esimerkkikuva ikkunaelementistä	
LIITE 2	Esimerkkikuva seinäelementistä	
LIITE 3	Esimerkkikuva kattoelementistä	
LIITE 4	Esimerkkikuva lattiaelementistä	

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena on etsiä potentiaalisia kehityskohteita Merima Oy:n tuotantolaitoksessa kvantitatiivisin menetelmin. Kvantitatiivisten menetelmien etu on objektiivisuus, koska tulokset saadaan datasta analysoimalla. Yritys toimittaa erilaisiin matkustaja- ja risteilyaluksiin kokonaissisustusratkaisuja. Suuret muutokset lyhyellä aikavälillä ovat johtaneet ongelmiin tuotannossa, joten kehitykselle on suuri tarve. Muutokset johtuvat Suomen telakoiden kehitystarpeista, joissa sisustusrakentamisaika on saatava lyhyemmäksi kilpailukyvyyn kannalta. Tällä kilpailukyvyllä on suuri merkitys myös Suomen kansantalouden kannalta, koska Suomen telakat työllistävät tuhansia henkilöitä. Näillä kehityspanoksilla pyritään saamaan lisätilauksia Suomen telakoille ja jatkuvuutta telakoiden työpaikoille.

Muutokset ovat suuria, koska aikaisemmin sisustusrakentaminen on tapahtunut telakalla, vaaten runsaasti aikaa. Tämän rakennusajan pienentämiseksi on päätetty siirtää työpanosta muualle tehtäväksi. Sisustusalue on päätetty valmistaa elementeistä, jotka kuljetetaan erillisinä telakalle ja kootaan laivassa.

Aikaisemmin yrityksen tuotannossa on valmistettu esivalmisteasteella olevia tuotteita, joista sisustusratkaisu on rakennettu mittaamalla, sovittamalla ja asentamalla laivassa. Nyt tuotanto tulee sopeuttaa uuteen rakennustapaan, jossa tuotteet ovat mittatarkkoja elementtejä ja joiden valmiusaste on korkea.

Sopiva tuotannonkehitystyökalu tässä tapauksessa on ohjattavuusanalyysi, jolla voidaan etsiä sopivia kehityskohteita analysoimalla tuotannon tunnuslukuja. Ohjattavuusanalyysi on monipuolinen työkalu, koska sillä voidaan etsiä kehityskohteita yrityksen kaikista toiminnoista. Tässä työssä tutkimuksen pääkohteena on yrityksen tuotanto.

2 YRITYSESITTELY

Merima Oy on perustettu vuonna 1987. Yritys toimii julkisten tilojen sisustusratkaisuiden "avaimet käteen" -kokonaistoimittajana vaativilla matkustaja- ja risteilyalusten uudisrakennus- ja korjausmarkkinoilla toimien yhteistyössä telakoiden ja varustamoiden kanssa Pohjois- Euroopassa ja Yhdysvalloissa.

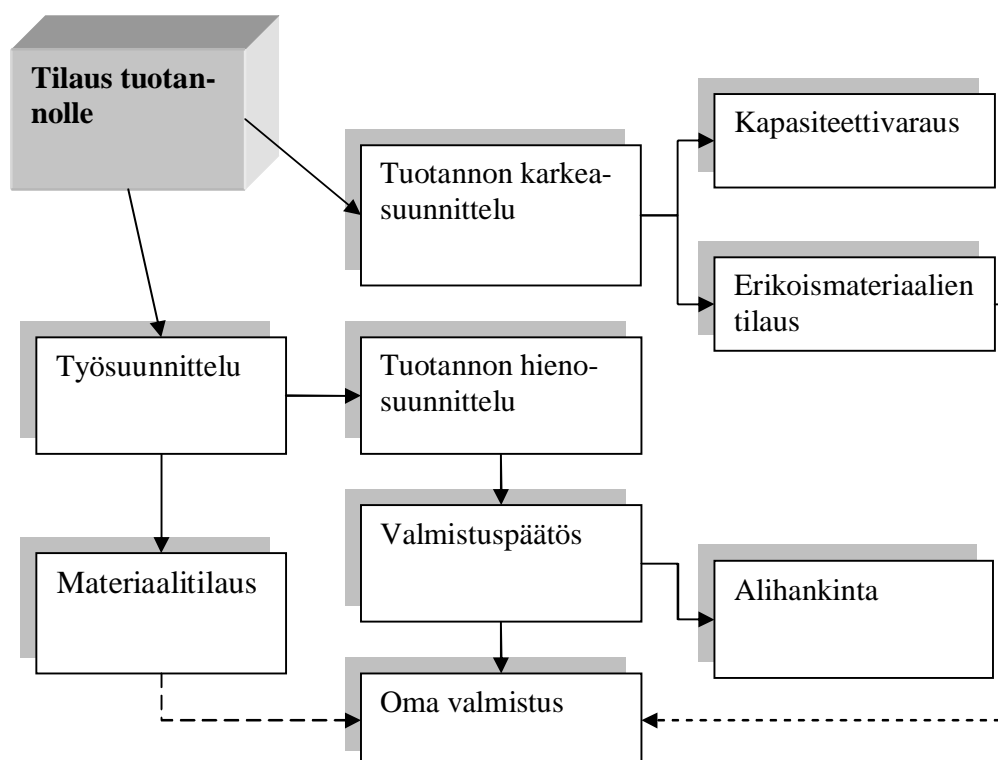
Merima vastaa kokonaistoimituksista laivan tai toimitilan elinkaaren kaikissa vaiheissa. Uudislaivaprojektit tehdään pääsääntöisesti kotimaan telakoilla Helsingissä, Turussa ja Raumalla. Kokonaistoimitus alkaa arkkitehtisuunnittelusta, materiaalivalinnoista ja hankinnoista, päättyen viimeistelyyn sisustuskokonaisuuteen. Toimitusprojekti sisältää perussuunnittelusta lähtien teräsrakenteet, eristeet, LVIS -työt ja teräskalusteet baareihin ja keittiötiloihin sekä sisutuksen kokonaisratkaisut sisältäen seinät, katot ja lattiapinnat kalusteineen, valaisimineen, koristeineen ja tekstiileineen. Korjauslaivaprojektit ovat pääsääntöisesti vientiprojekteja, joissa purku- ja asennustyöt tehdään tilaajan määrittämässä paikassa. Toimitusprojekti sisältää samat työvaiheet ja suunnittelun kuin uudislaivaprojekti.

2.1 Tuotanto

Sisustustoimitus sisältää suuren määrän valmistavaa työtä, josta ainoastaan osa tehdään yrityksen tuotantotiloissa. Yrityksessä tapahtuva tuotanto on yksittäistuotantoa, koska jokainen sisustustoimitus on erilainen.

Yrityksen valmistusyksikköä johtavat tuotantopäällikkö sekä työnjohtaja. Heidän tehtäviinsä kuuluvat toiminnan ajoitus ja tuotantoimpulssien antaminen. Tuotantopäällikkö suorittaa kuormituslaskennan ja varaa valmistettavalle tuotteelle tarvittavan kapasiteetin tai siirtää valmistuksen kokonaan tai osittain alihankintaan. Työnjohtaja taas johtaa valmistusyksiköitä tuotantotiloissa.

Yrityksellä on meneillään koko ajan useita projekteja. Jokainen projekti tilaa haluamansa tuotteet tuotantopäälliköltä, joka pyrkii ajoittamaan tuotannon siten, että toimitukset ovat valmiina haluttuna ajankohtana (kuva 1).



Kuva 1. Tuotannon prosessikaavio

Tuotannossa on neljä selkeää valmistusyksikköä. Seuraavassa esitellään kussakin valmistusyksikössä tapahtuvat työvaiheet.

Metallityöt

Metallityöyksikössä suoritetaan kaikki yleisimmät metallialan jalostavat työt. Yksikössä on sahauspiste, jossa katkaistaan pyörö- tai kaarisahalla yleensä standardi putkimateriaaleja lopputuotteiden runkomateriaaleiksi.

Viereisessä pisteessä suoritetaan ohutlevyjen katkaisu. Leikattavat ohutlevyt ovat joko alumiinia, terästä tai ruostumatonta terästä. Ohutlevyt katkaistaan levyleikkureilla määrämittäihinsä jatkokäsittelyä varten.

Yleisin jatkokäsittely ohutlevyille on särmäys, jossa särmäyspuristimella puristetaan leikattuihin levyihin kulmia, joita hyödynnetään valmistuvan tuotteen rakenteessa.

Toinen yleinen jatkokäsittely levytuotteille ja putkimateriaaleille on taivutus. Kappaletta voidaan taivuttaa ympyränkaarelle, jolloin saadaan aikaan pyöreitä pintoja.

Levy- ja putkimateriaalit liitetään toisiinsa hitsaamalla tai liimaamalla kokoonpanopisteessä. Kokoonpanopisteessä suoritetaan myös loppukokoonpano, jossa kaikkien valmistusyksiköiden puolivalmisteet kootaan yhdeksi lopputuotteeksi.

Puutyöt

Puutyöyksikössä valmistetaan tuotteisiin vuorausmateriaalit ja listat. Raaka-aineina käytetään tyypillisesti erilaisia rakennuslevyjä tai puuta. Yksikkö tekee myös paljon pinnoitustyötä, jolla saadaan aikaan tuotteeseen haluttu pinta esimerkiksi laminoimalla.

Pintatyöt

Pintatyöyksikössä suoritetaan erilaisia pintakäsittelytoimenpiteitä. Ennen varsinaista maalaustyövaihetta tulee tuote valmistella maalausta varten. Käsiteltävät pinnat hiotaan sekä mahdollisesti suoritetaan pohjamaalaus.

Esimerkkituote

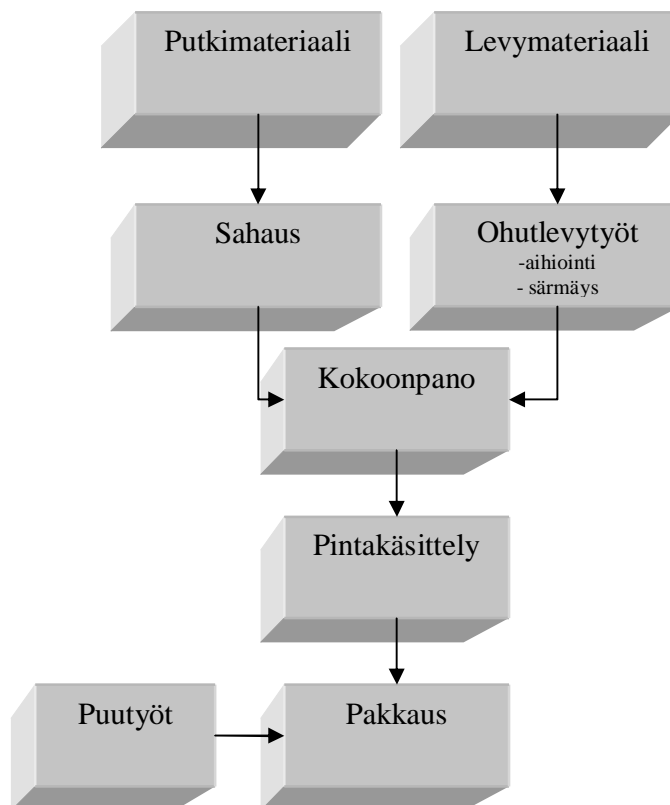
Ikkunaelementti (ks. liite 1) on tyypillinen esimerkki tuotannossa valmistettavasta tuotteesta. Sen valmistus aloitetaan ohutlevyosista. Ohutlevyosilla saadaan aikaan valmiin tuotteen muodot ja muut ominaisuudet. Esimerkkituotteessa on paljon ohutlevyosia. Ohutlevyosat ovat suhteellisen monimutkaisia särmätyjä osia, jotka kuormittavat särmäyspuristimen kapasiteettia paljon.

Seuraavaksi valmistetaan runko, jonka ympärille ohutlevyosat kootaan. Rungon osat sahataan putkimateriaalista. Käytettävät putkimateriaalit ovat standardoituja kokoja. Sahatut putket liitetään toisiinsa hitsaamalla valmistuspiirustusten mukaisesti.

Kun ohutlevyosat ja runko on koottu, tuote siirretään pintakäsittelyyn. Pintakäsittelyssä tuotteen maalattavat pinnat hiotaan ja puhdistetaan ennen maalausta.

Maalauksen aikana valmistetaan ikkunaelementtien puutyöosat. Ikkunapenkki valmistetaan puusta ja se päällystetään arkkitehdin määrittämällä laminaatilla. (kuva 2)

Loppukokoonpano suoritetaan metallityöosastolla, jossa ikkunapenkit sovite-
taan ikkunaelementteihin.



Kuva 2. Esimerkkituotteen valmistus

2.2 Nykytilanne yrityksessä

Telakoiden asiakkaat eli varustamot tilaavat nykyään yhä suurempia ja suurempia matkustaja- ja risteilyaluksia. Lisäksi varustamot vaativat edelleen lyhyempiä toimitusaikoja, mikä taas on ristiriidassa aluksen koon kannalta. Suomen telakkateollisuuden yksi peruselinehto on kokonaistehokas toiminta ja sen jatkuva kehittäminen.

Vuonna 2001 tehdyn tutkimuksen mukaan Suomen telakoiden suora työllisyysvaikutus oli 6657 työntekijää ja telakoiden alihankkijayritysten suora työllisyysvaikutus oli 10 848 työntekijää. Tutkimuksessa arvioidaan telakoiden ja telakoiden yritysverkostojen suoran työllisyysvaikutuksen olevan jopa noin 23 600 henkilöä.[1, s. 84 – 85.]

Edellä mainitut luvut asettavat haasteellisia vaatimuksia telakoille ja edelleen telakoiden yhteistyökumppaneille telakkatoiminnan jatkuvuuden takaamiseksi.

si Suomessa. Telakoiden työllistävä vaikutus kumuloituu koko kansantalouteen.

Aluksen lyhyt toimitusaika merkitsee sitä, että sisustusvarusteluun varattu aika lyhenee, joten työpanos on siirrettävä muualle tehtäväksi. Työ pyritään tekemään varhain ennen aluksen rungon valmistumista. Aikaisemmin sisustusrakentaminen on tapahtunut kokonaan aluksen rungossa. Sisustusmateriaalit toimitettiin suoraan alukseen, jossa tilan rakentaminen tapahtui alusta loppuun asti. Läpimenoajan nopeuttamiseksi on päätetty jakaa sisustusalue elementteihin, jotka voidaan valmistaa ja toimittaa asennettavaksi aluksen runkoon JOT -periaatteella (just-on-time). Näin voidaan valmistaa sisustuselementti jo varhain ennen aluksen rungon valmistumista. Rungon valmistumisen jälkeen sisustuselementti tarvitsee vain kuljettaa asennuspaikalle ja suorittaa nopea asennus. On selkeä pyrkimys asennuksesta ja sovittamisesta kokoonpanoperusteiseen työhön aluksen rungossa.

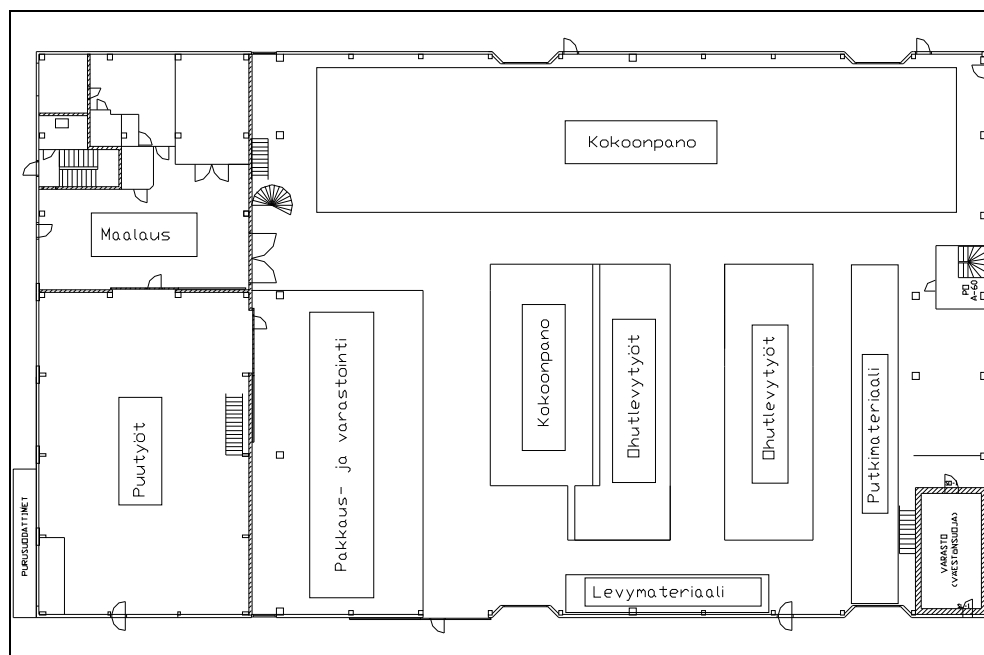
Taulukko 1. Rakennustapavertailu

	Vanha rakennustapa	Elementtirakentaminen
Suunnittelu	Vähän valmistussuunnittelua	Paljon valmistussuunnittelua
Valmistus	Valmistetaan laivassa, hankalissa olosuhteissa	Kustannustehokas valmistus hyvissä olosuhteissa ja parhain mahdollisin menetelmin
Logistiikka	Toimitetaan raaka-aineina laivaan	Nostopisteet ja haalausaukot otettava huomioon
Asennus	Ei erillistä asennusta	Asennetaan valmiina tuotteena, vaativat aina kiinnitysvälineet

Ennen tätä selkeää toimintatavan muutosta yrityksen tuotanto oli pienimuotoista. Tuotteet olivat yleensä pienehköjä tai esivalmisteasteella olevia elementtejä. Uusi toimintatapa asettaa tuotannolle ja sen ohjaukselle suuria

vaatimuksia: valmistettavien tuotteiden kapasiteettitarve on suuri, tuotanto on yksittäistuotantoa ja tuotantotilatkin ovat rajalliset. (taulukko 1)

Tuotannon layout noudattaa funktionaalista layoutia (kuva 3), jossa samat resurssit ovat yhdessä ryhmässä. Tämä järjestely on toteutettu, koska jokaisella valmistettavalla tuotteella on oma työnkulkukaavionsa eikä selkeää valmistusvirtaa ole.



Kuva 3. Tuotantotilan layout

Funktionaalisessa valmistusjärjestelmässä työpaikat on keskitetty valmistusmenetelmän mukaan. Työkappaleita tai tuotteita kuljetetaan ryhmästä toiseen valmistuksen edetessä. Haittana ovat edestakaiset kuljetukset ja puskurivarastot, jotka pidentävät läpimenoaikoja ja kasvattavat keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa. Tuotannonohjaus voi myös muodostua raskaaksi, koska jokaista työvaihetta pidetään omana kuormitustekijänä. [2]

Kuitenkin funktionaalisella järjestelmällä on myös etunsa. Funktionaalisen järjestelmän vahvuutena on sen suuri joustavuus eräsuuruuden, valmistettavien kappaleiden ominaisuuksien ja myös töiden järjestelyn suhteen. Lisäksi se on helppo rakentaa ja pitää yllä. [2]

Tuotannon perusongelmana tässä tapauksessa on tuotannon sopeuttaminen uuteen laivanrakennustapaan, jossa elementtien valmistusmäärät ja ko-

konaistilavuudet kasvavat. Yksittäisten tuotteiden kuormitusmäärät tulevat kasvamaan voimakkaasti, ja tuotanto tulee sopeuttaa siihen.

3 TUOTANNONOHJAUS YKSITTÄISVALMISTUKSESSA

Tässä luvussa kerrotaan yksittäistuotannon tärkeimmistä tekijöistä ja esitetään yleisesti yksittäistuotannon kuvaus.

Yksittäistuotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistamista yksitellen tai vain muutaman kappaleen erinä. Yksittäistuotanto voi olla myös suurimittaisten kertaprojektien toteuttamista. [2]

Valmistuksen kannalta yksittäistuotannossa lähtötilanne on aina uusi ja työ on aloitettava suunnittelusta. Verrattaessa yksittäistuotantoa erätuotantoon, tarvitsee suunnittelu tehdä erätuotannossa ainoastaan ensimmäiseen erään, jonka jälkeen on luotu puitteet seuraavillekin valmistuserille. Näin ollen voidaan todeta, että yksittäistuotannossa suunnittelun osuus läpimenoajasta tai kustannuksista voivat olla hyvinkin suuret [3, s. 46].

Vastaavasti erätuotannossa suunnittelun osuus jakautuu kaikille valmistuserille tasaisesti. Valmistuserien määrien kasvaessa suunnittelun osuus pienenee kääntäen verrannollisesti. [3, s. 46 – 47.]

Kilpailukyvyn vuoksi yksittäistuotantoyrityksen tulee löytää suunnittelusta toistuvuutta sekä tuotannosta materiaaleja ja valmistusmenetelmiä, jotka palvelevat yksittäistuotantoa. On huomioitavaa, että vaikka yksittäistuotannossa toistuvuutta ei ole tuotetasolla, voi valmistusvolyymit olla kuitenkin suuri. Toisin sanoen samanlaisten tai samankaltaisten tuotteiden valmistusmäärä voi olla suuri, mutta ne kuitenkin valmistetaan ainoastaan kerran ja valmistus toteutetaan yhdellä tuotantoimpulssilla. [3, s. 46.]

Tuotantotyyppistä riippumatta on tuotannonohjauksella aina 4 päätehtävää [3, s. 191]:

- tuotantosuunnitelman laatiminen tilausten mukaan
- oman valmistuksen kuormituksen seuranta
- tilausjonon hallinta
- tilausten purkaminen materiaalitilauksiksi ja valmistusimpulsseiksi

Seuraavaksi käsitellään tuotannonohjauksen tärkeimpiä termejä ja tarkastellaan niiden vaikutusta yksittäistuotannon kannata.

3.1 Läpimenoaika

Lapinleimu määrittelee kirjassaan läpimenoajan seuraavasti:

Läpimenoaika on tuotantojärjestelmän tehokkuuden tärkeimpiä käsitteitä ja mittareita [3, s. 53].

Tuotannon läpimenoaika on aika, joka kuluu valmistusimpulssista tuotteen valmistumiseen. Luonnollisesti myös muiden kokonaisuuksien läpimenoaika voidaan mitata [3, s. 53]. Hyvä esimerkki on tilauksen läpimenoaika, joka koostuu materiaalihankinnan läpimenoajasta ja valmistuksen läpimenoajasta. Lapinleimun mukaan läpimenoaika ei yksinkertaisesti voida saada lyhyeksi toimimalla huonosti [3, s. 55].

Lyhyt läpäisy aika mahdollistaa lyhyet toimitusajat ja parantaa tuotannon ohjattavuutta. Läpimenoaika on erittäin tärkeä yrityksen kilpailukyvyn kannalta. Läpimenoajan aikana tuote käy läpi prosesseja, jotka luokitellaan tuottaviksi ja tuottamattomiksi prosesseiksi. Tuottamattomat työt ovat yleensä nostoja, siirtoja, varastointia, eli ne eivät nosta tuotteen jalostusarvoa ollenkaan. Yksittäistuotantotapauksessa tuottamattoman työn osuus läpimenoajasta voi olla hyvinkin suuri, koska työ sisältää paljon esimerkiksi mittaamista ja sovitamista. Tuottavaa työtä ovat ainoastaan ne prosessit, jotka nostavat tuotteen jalostusarvoa. [3, s. 54 - 58]

3.2 Kapasiteetti ja kuormitus

Kapasiteetti on resurssi, joka tuotannolla on käytettävissä tuotteen jalostusarvon muutokseen. Kapasiteetilla kuvataan mahdollisuutta suorittaa työprosesseja. Yleensä kapasiteetti on suhteutettu aikaan, esimerkiksi työntekijöiden määrä/viikko, työtuntien määrä/viikko tai koneen työtunteihin/viikko. Kapasiteetti on teoreettinen maksimi, jota ei voida ylittää kuin poikkeustoimin. Usein ainoana vaihtoehtona ovat ylityöt. [3, s. 197 - 202]

Tuotannonohjauksen tehtäviin kuuluvat kuormituslaskennat, joilla selvitetään tuotteen kuormittavuus kapasiteettiin nähden.

Tässä yksittäistuotantotapauksessa kapasiteettivaraus tehdään yleensä jo aikaisemmin valmistetun ekvivalenttituotteen mukaan. Ekvivalenttituote on

samankaltainen tuote, kuin valmistettava tuote ja sen kuormittavuus tunnetaan. Täysin uniikeille tuotteille kapasiteettivaraus tehdään arvioperusteisesti. Tämä arvioperusteisuus on erittäin hankalaa ja nojautuu täysin tuotantopäällikön tms. ammattitaitoon sekä kokemukseen. Ongelmat ja vaikeudet kuormituslaskennassa heijastuvat voimakkaasti tuotannonohjaukseen. [4]

Kuormittavuutta voidaan myös arvioida kuormituslaskentamalleilla [3, s. 97]. Kuormitusmallit voidaan saada tutkimuksella, joissa selvitetään keskimääräinen suoritusaika esimerkiksi yhden levysärmäyksen suorittamiseksi. Näin voidaan arvioida tällaisen tuotteen kuormittavuutta niiltä osin, joka vaativat levysärmäyksiä.

3.3 Ohjattavuus

Eloranta kiteyttää kirjassaan tuotannon ohjattavuuden määritelmän seuraavasti:

Tuotannon ohjattavuus on tuotantojärjestelmän kyky saavuttaa sille asetetut tavoitteet [5, s. 90].

Tuotantojärjestelmän hyvän ohjattavuuden tunnusmerkkejä ovat

- uusi tilaus on helppo sijoittaa tuotantosuunnitelmaan
- materiaalit ovat saatavissa normaalein rutiinitoimenpitein
- tarvittaessa voidaan tehdä muutoksia ilman kaaosta
- toiminta valmistusimpulssin jälkeen on häiriötöntä
- tuotantosuunnitelma toteutuu

Tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavat tekijät kattavat koko yrityksen hankinnasta valmistukseen asti. Myös itse tuote on keskeisessä osassa [3, s. 231].

Myös tuotteen rakenne vaikuttaa suuresti tuotteen ohjattavuuteen. Sen selkeä rakenne selkeyttää myös ohjausta. Osien pieni lukumäärä ja valmistettavuus ovat myös tärkeitä ohjaustekijöitä.

4 OHJATTAVUUSANALYYSI

Kaikenlaisen kehittämisen lähtökohtana on toiminnan ymmärtäminen ja siihen liittyvien tekijöiden vaikutus. Ohjattavuusanalyysillä voidaan todeta tuo-

tannon ohjauksen onnistuminen. On hyvin mahdollista asettaa karkeita suuntaviivoja toiminnalle ilman, että käytettävissä on suurta määrää informaatiota. Kuitenkin kehityksen seuranta vaatii tuekseen tiedoksi jalostuvaa informaatiota.

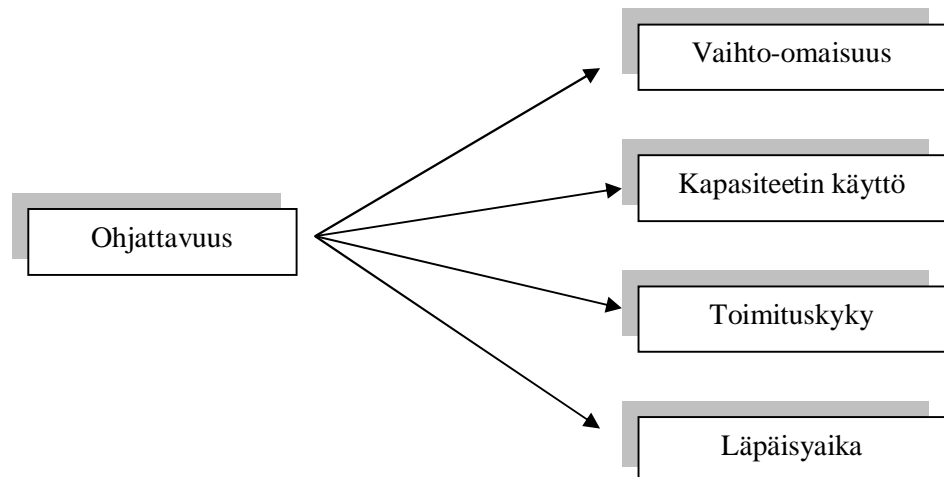
Tuotannon tunnuslukujen mittaaminen voi vaikuttaa moniin asioihin:

- Mittaaminen motivoi.
- Mittaus korostaa mitattavan asian arvoa.
- Mittaus ohjaa tekemään oikeita asioita.
- Mittaus selkeyttää tavoitteita.
- Mittaaminen aiheuttaa kilpailua.
- Mittaaminen luo edellytyksiä palkitsemiselle.

Ohjattavuusanalyysissä kerättävää dataa analysoitaessa tulee se ensin saattaa käyttökelpoiseen muotoon. Mittaustoiminnan seurauksena dataa yhdistelemällä, karsimalla ja selittämällä voidaan synnyttää informaatiota. Vasta tämä informaatio on käyttökelpoista.

Ohjattavuusanalyysin tarkoituksena on selvittää, miten ohjattavuutta voitaisiin yrityksessä kehittää. Ohjattavuuden kehittämällä pyritään muuttamaan tuotantoprosessia, siihen liittyviä toimintoja sekä yhteistoiminnan pelisääntöjä siten, että ohjauksen päätavoitteiden samanaikainen saavuttaminen olisi mahdollista [5, s.106].

Ohjattavuusanalyysi on myös menetelmä, jolla pyritään selvittämään tuotannon ja sen ohjauksen potentiaaliset kehityskohteet. Ohjattavuusanalyysissä tutkitaan tuotannon ja siihen liittyvien toimintojen tilaa, sekä etsitään erilaisia kehittämisvaihtoehtoja. Ohjattavuusanalyysin päätavoitteena on saada tuotanto ja siihen liittyvät järjestelmät ohjattaviksi. Ohjattavuuden parantaminen vuorostaan antaa mahdollisuuden tuottavuuden parantamiseen ja sitä kautta vaikuttaa koko yrityksen kilpailukykyyn ja kannattavuuteen. Tarkoitus on luoda synergia päätavoitteiden välille (kuva 4).



Kuva 4. Ohjattavuuden osatekijät

Ohjattavuusanalyysillä voidaan tarkastella ja lähestyä erilaisia kehitysvaihtoehtoja yrityksen eri toiminnoissa [5, s. 106]. Yrityksen sisäisiä toimintoja voivat olla ovat esimerkiksi

- myynti ja markkinointi
- tuotantoprosessi
- tuotteet ja niiden rakenteet
- organisaatio

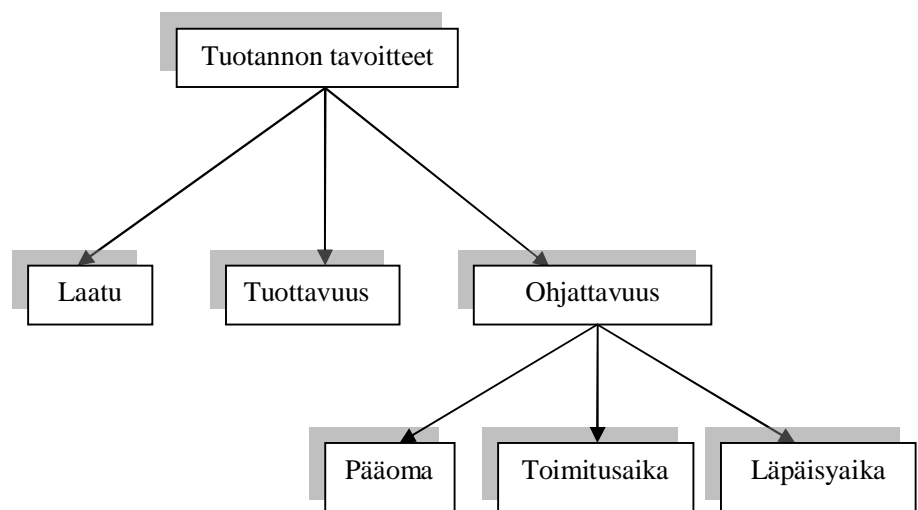
Tässä ohjattavuusanalyysissä perehdytään tarkoituksellisesti tuotantoprosessin ohjaukseen. Tuotantoprosessin ohjaus koostuu seuraavista periaatteista, muuttujista ja kehityskohteista [5, s. 107]:

- asetusajat
- layout
- materiaalivuo
- valmistuksen kokoonpanon automaatio
- välitön ja välillinen työ
- työvaiheiden yhdistely
- laaduntuottokyky
- alihankintapolitiikka
- valmistuserät
- kuormitusperiaatteet
- valmistuksen ohjausjärjestelmät

- valmistuksen läpäisy aika
- sisäinen toimitusaikapito
- puutekustannukset
- ylimääräiset kapasiteettikustannukset.

4.1 Ohjattavuusanalyysin periaate

Tuotannon toiminnallisia tavoitteita ovat kolme tekijää: tuottavuus, ohjattavuus ja laatu. Tärkeää on pystyä hyvään suoritukseen jokaisella osa-alueella, koska jokainen päätavoite vaikuttaa vähintään epäsuorasti yrityksen kilpailukykyyn. Lisäksi tavoitteet ovat myös sidoksissa toisiinsa. Koska tässä analyysissä on tarkoitus ottaa kantaa ohjattavuuteen yrityksessä, on painopiste ohjattavuuden alueella kuitenkin muita päätavoitteita unohtamatta. Tuotannonohjauksen karkeina päätavoitteina taas voidaan pitää toimituskykyä, kapasiteetin käyttöastetta ja vaihto-omaisuuden minimointia (kuva 5).



Kuva 5. Tuotannonohjaus

Ohjattavuutta ei kannata käsitellä yhtenä jakamattomana käsitteenä. Se kannattaa jakaa muuttujiinsa ohjattavuuden tavoitteiden perusteella. [5, s. 97]

4.2 Analyysit

Analyyseilla voidaan objektiivisesti todeta tuotannonohjauksen toteutuminen.

4.2.1 *Painopisteanalyysit*

Ohjattavuusanalyysissä tehtävät kvantitatiiviset painopisteanalyysit kertovat ohjattavuuden kehityksen potentiaalin ja kohteen [5, s. 106]. Seuraavissa luvuissa esitetään tässä projektissa käytetyt painopisteanalyysit. Näiden lisäksi on olemassa useita muitakin painopisteanalyysejä, jotka eivät kuitenkaan soveltuneet tähän projektiin.

4.2.2 *Läpimenoaika-analyysi*

Analyysissä selvitetään tuotteen läpimenoajan pituus ja sen jakautuminen. Analyysi tehdään helpoimmin tarkastelemalla tilannetta esimerkkituotteilla. Kun tuotteen läpimenosta on myös tehty suunnitelma (kuormituslaskenta), tarkasteluun on syytä ottaa mukaan sekä suunniteltu että toteutunut läpäisy. Asiakasohjautuvassa tuotannossa suunnitellun ja toteutuneen läpäisyn väliset erot voivat olla suuret [5, s. 156].

Läpimenoaika-analyysissä etsitään läpimenoajan lyhentämisen painopisteet. Läpimenoaika voidaan jakaa osiin esimerkiksi tuottavan ja tuottamattoman työn kesken. Tuotantotyyppistä riippuen läpimenoaika kannattaa jakaa kuitenkin aina eri perustein. Myös useat muut muuttujat vaikuttavat läpimenoajan jakamisperusteisiin. Käytännössä jakamisperusteet tulee tehdä aina yrityskohtaisesti.

4.2.3 *Työkustannusrakenneanalyysi*

Työkustannusrakenne kertoo kustannusten (tässä tapauksessa kuormituksen) jakautumisen työvaiheittain, eli tässä tapauksessa valmistusyksiköittäin. Valmistusyksiköt mainittiin luvussa 2.1. Huomio kiinnitetään valmistusyksiköihin, joissa suurin osa kustannuksista syntyy. Myös tuoteryhmien kustannusrakennetta analysoidaan. Tuoteryhmäjako on tehty tuotteiden asennuskohteen mukaan. Tuoteryhmät ovat

- lattiaelementit
- seinäelementit
- ikkunaelementit
- kattoelementit
- ilmastointiosat

Työkustannuksia voidaan pienentää joko kehittämällä tuotantoprosessia tai tuotetta. [5, s. 187.]

Luvussa 5 kerrotaan analyysin tuloksista erikseen. Käytännössä kannattaa valita tuotteistosta useita esimerkkituotteita, joiden tuotekustannusrakennetta analysoidaan. Yksittäistuotantotapauksessa kannattavinta on valita tuotteet suurimman kustannuskertymän mukaan.

5 ANALYYSIT JA TULOKSET

Analyysien tiedot ovat kerätty yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä. Analyysit on suoritettu aikavälillä 2.10.2006 - 15.1.2007. Analyysissä seurattiin 45 tuotantotyöntekijän tuntitulosteita, jotka sisältävät yhteensä 13329 työtuntia.

Tuotannonohjausjärjestelmä rekisteröi työntekijöiden tehdyt tunnit ja valmistusyksiköt jokaiselle tuotteelle tai tuotesarjalle. Kaikissa laskelmissa on huomioitu viikonloput, lomapäivät ja vapaapäivät. Lisäksi tuotannonohjausjärjestelmästä on etsitty tiedot tehdyistä kapasiteettivarauksista. Seuraavassa on esimerkkitaulukko tuotannonohjausjärjestelmästä saatavasta tulosteesta.

Taulukko 2. Esimerkki tuotannonohjausjärjestelmän tulosteesta

Esimerkkituote; seinäelementti, työnnumero 12345678

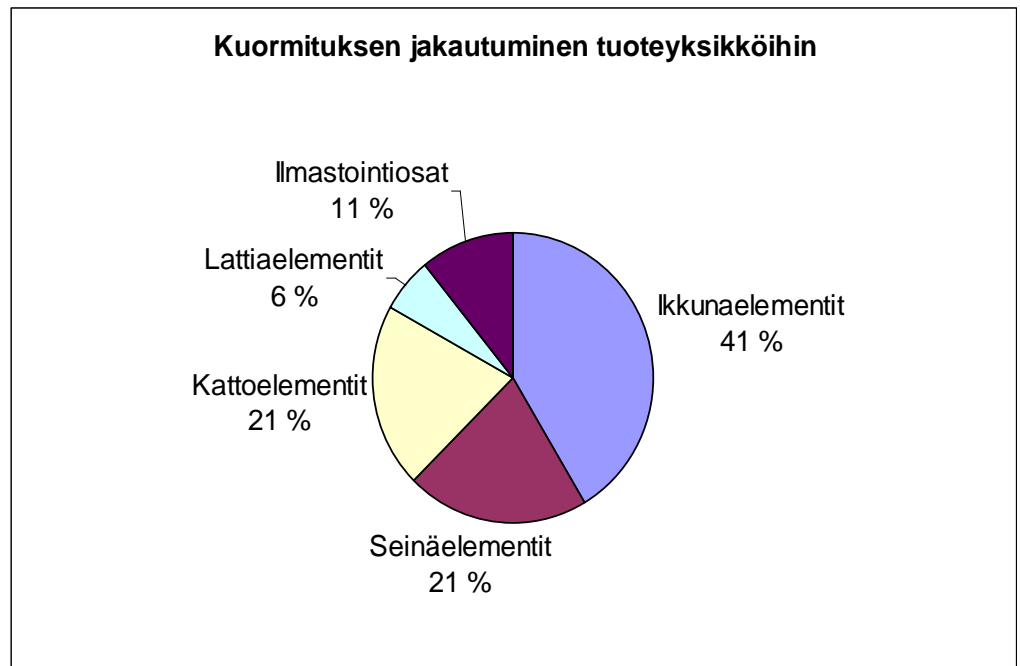
Valmistusyksikkö	Nimi	Aloituspvm.		Tunnit
		Päivä	pvm.	
Metalli	Henkilö B	to	20.7.2006	8,10
Metalli	Henkilö A	pe	21.7.2006	7,57
Metalli	Henkilö A	ma	24.7.2006	5,02
Metalli	Henkilö B	ma	24.7.2006	8,00
Metalli	Henkilö B	ti	25.7.2006	8,48
Pintakäsittely	Henkilö C	ti	25.7.2006	6,75
Metalli	Henkilö B	ke	26.7.2006	7,80
Pintakäsittely	Henkilö C	ke	26.7.2006	8,58
Metalli	Henkilö A	to	27.7.2006	7,05
Metalli	Henkilö D	to	27.7.2006	3,60
Pintakäsittely	Henkilö E	to	27.7.2006	8,02
Metalli	Henkilö B	to	27.7.2006	8,43
Metalli	Henkilö F	to	27.7.2006	8,33
Pintakäsittely	Henkilö C	to	27.7.2006	15,75
Metalli	Henkilö J	pe	28.7.2006	0,85
Metalli	Henkilö A	pe	28.7.2006	6,40
Metalli	Henkilö D	pe	28.7.2006	1,00
Pintakäsittely	Henkilö E	pe	28.7.2006	3,88
Metalli	Henkilö H	pe	28.7.2006	0,93
Metalli	Henkilö B	pe	28.7.2006	3,60
Metalli	Henkilö F	pe	28.7.2006	8,68

Pintakäsittely	Henkilö C	pe	28.7.2006	8,63
Pintakäsittely	Henkilö G	ma	31.7.2006	7,90
Metalli	Henkilö D	ma	31.7.2006	1,58
Pintakäsittely	Henkilö E	ma	31.7.2006	1,83
Metalli	Henkilö F	ma	31.7.2006	8,77
Pintakäsittely	Henkilö G	ti	1.8.2006	8,03
Metalli	Henkilö F	ti	1.8.2006	8,45
Metalli	Henkilö F	ke	2.8.2006	8,30
Metalli	Henkilö F	to	3.8.2006	7,88
Metalli	Henkilö F	pe	4.8.2006	8,70
Pintakäsittely	Henkilö G	ma	7.8.2006	6,07
Metalli	Henkilö F	ma	7.8.2006	1,05

Tuotannonohjausjärjestelmästä saatava tuntilistaus ei itsessään ole käyttökelpoinen, vaan sitä on jalostettu, jotta siitä saadaan analysoitava tieto esille. Työntekijälle on etukäteen määriteltä valmistusyksikkö, joka ei aina pidä paikkaansa todellisuudessa. Henkilö on siis voinut tehdä toisen valmistusyksikön työtä, mutta tuotannonohjausjärjestelmä on kirjannut työtunnit ennalta määritetyille valmistusyksiköille. Tämä on harhaanjohtavaa ja se aiheuttaa vääristymää tuloksiin. Esimerkkituotteet on jaettu tuoteryhmiin niiden käyttötarkoituksen mukaan, luvun 4.2.3 mukaisesti. Näin voidaan käsitellä suurempaa joukkoa jatkossa asioiden käsittelyssä.

5.1 Kehityksen painopiste

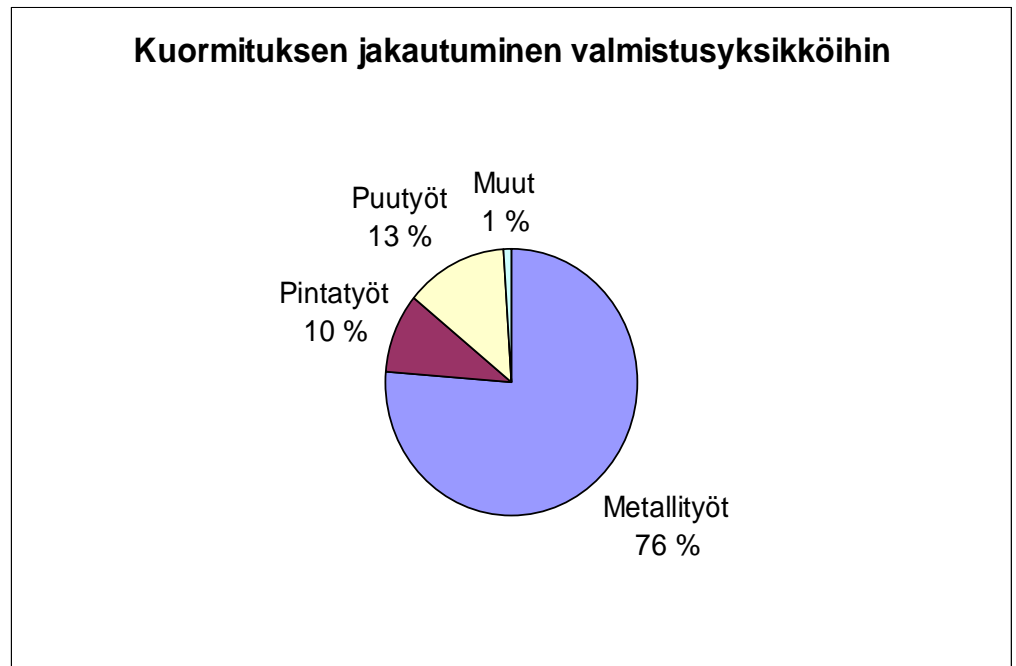
Kehityksen painopistettä tuotannossa etsitään analyysillä, jossa kaikkien tutkimuksessa käytettyjen esimerkkituotteiden kuormitukset jaetaan tuoteyksiköittäin samaan taulukkoon. Lisäksi sama analyysi on tehty valmistusyksiköittäin. Tuloksena saadaan selkeä kuvaus siitä, miten tuotannossa kuormitus yleisesti jakautuu valmistusyksiköittäin ja tuoteyksiköittäin (kuva 6).



Kuva 6. Kuormitusjakauma tuoteyksiköittäin

Tuoteyksikköjakautuma on selkeästi painottunut tutkimusaikana ikkunaelementteihin. Tutkimusaikana kyseisen tuoteyksikön tuotanto oli huipussaan ja siten aiheuttaa tilastovirhettä. Analyysi tulisi tehdä pitkällä aikavälillä, jolloin saadaan selville todellinen jakauma. Sopiva aikaväli voisi olla 12 kuukautta.

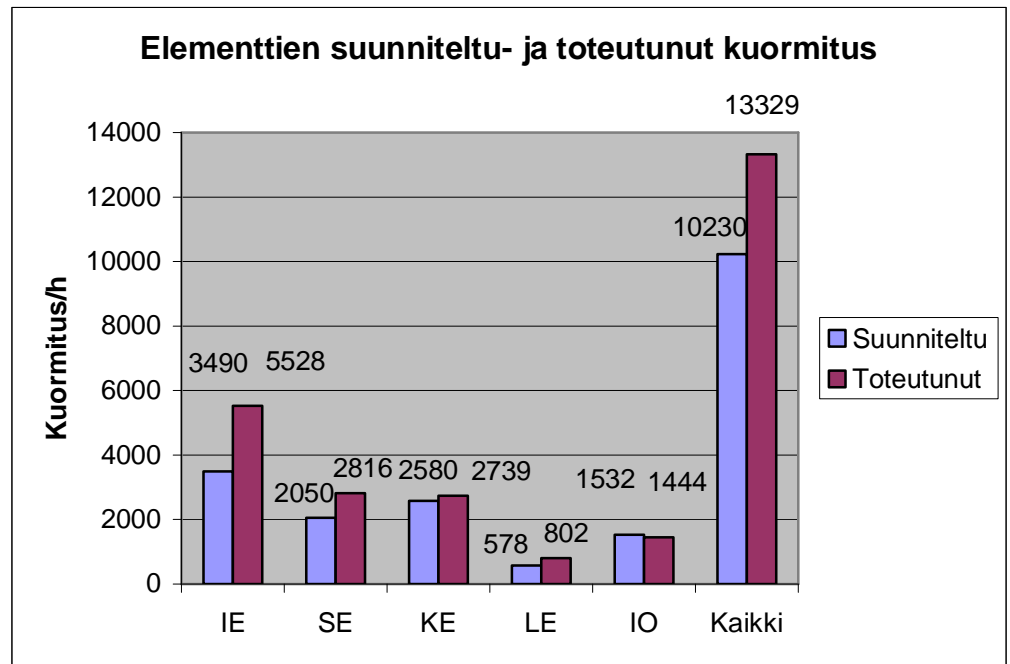
Valmistusyksiköiden välinen kuormitusjakauma on sen sijaan luotettava, koska keskimääräinen kokonaiskapasiteetti valmistusyksiköittäin pysyy ennallaan myös pitkällä aikavälillä.



Kuva 7. Kuormitusjakauma valmistusyksiköittäin

Analyysistä huomataan (kuva 7), että potentiaalisin kehityskohde valmistusyksiköistä on metallityöosasto. Valmistusmenetelmien kehittyessä valmistusyksiköiden suhteellinen kuormitus ei oleellisesti muutu. Yleinen valmistusmenetelmien kehitys siis pienentää koko kuormitusta, mutta ei muuta oleellisesti valmistusyksiköiden suhteellista kuormitusta keskenään. Tähän muutokseen vaaditaan radikaaleja toimintatapojen muutoksia.

Kuormituslaskennan ja toteutuneen kuormituksen seuranta on tärkeä mittari, jolla voidaan todeta tuotannonohjauksen onnistuminen. Kuormituslaskenta yksittäistuotannossa on vaikeaa, koska jokainen tuote on aina uusi. Kuormituslaskennan tärkeyttä korostaa kuitenkin se, että ilman luotettavaa kuormitustietoa ei tuotantoa voida suunnitella pitkällä aikavälillä (kuva 8).

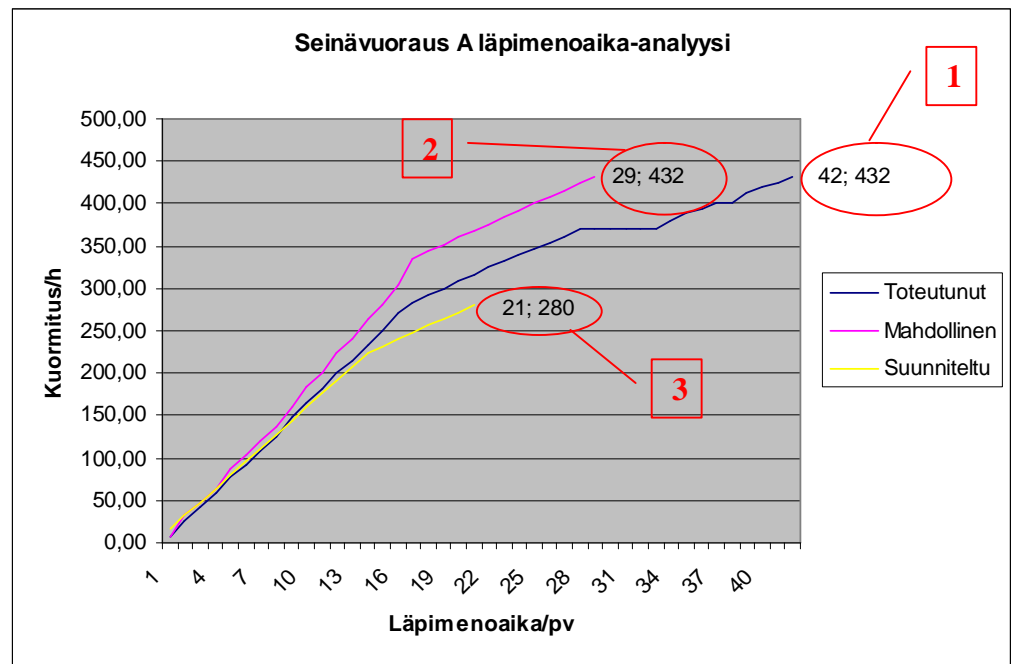


Kuva 8. Kuormitusvertailu. Kuvassa IE = ikkunaelementit, SE = seinäelementit, KE = kattoelementit, LE = lattiaelementit ja IO = ilmastointiosat.

Kuormituslaskennan ja toteutuneen kuormituksen välillä on havaittavissa eroja. Lähes jokaisessa tuoteryhmässä toteutunut kuormitus on ylittänyt suunnitellun kuormituksen seuranta-aikana. Tämä merkitsee tuotannossa ongelmia, joita joudutaan korjaamaan esimerkiksi vuokratyövoimalla tai ylitöillä. Myös tilausten myöhästymiset voivat johtua kuormituslaskentaongelmista. Positiivinen havainto voidaan tehdä ilmastointiosien kohdalla, jossa toteutunut ja suunniteltu kuormitus ovat olleet hyvinkin tarkasti samansuuruisia. Koko seuranta-aikana toteutunut kuormitus on ylittynyt n. 30 %:lla suunnitellusta.

5.2 Läpimenoaika

Läpimenoaikaa analysoitaessa on hankittu data tuotannonohjausjärjestelmästä ja saatettu se analysoitavaan muotoon. Kaaviosta (kuva 9) käy ilmi tuotteen läpimenoaika työpäivinä ja kokonaiskuormitus työtunteina.



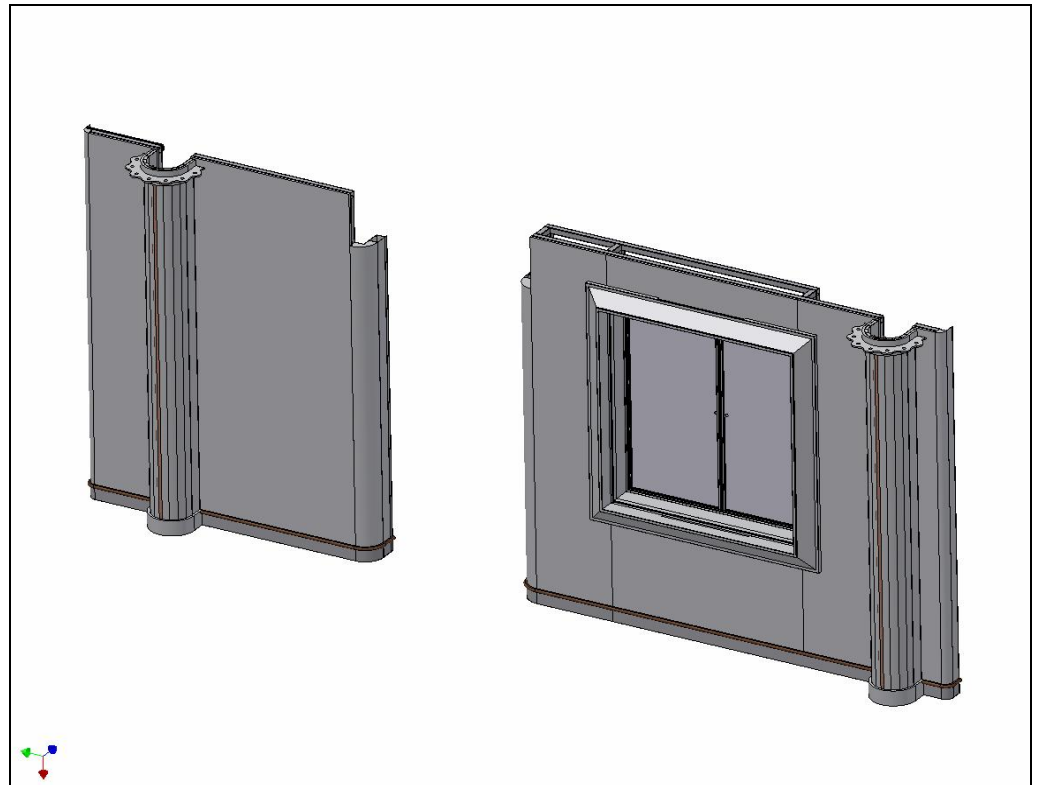
Kuva 9. Esimerkki läpimenoaika-analyysistä

Tässä insinöörityössä esitetään jokaisesta tuoteryhmästä yksi tyypillinen läpimenoaika-analyysiesimerkki.

Kaaviosta voi todeta teoreettisen läpimenoajan, jos tuotanto olisi tapahtunut ilman keskeytyksiä alusta loppuun asti. Kaaviossa on myös esitetty suunniteltu kuormituskertymä, joka on tehty ennen valmistusta. Tässä esimerkissä toteutunut läpimenoaika on ollut 42 työpäivää ja toteutunut kuormitus on ollut n. 432 tuntia (kohta 1). Läpimenoaika olisi voitu saada 29 päivään yksinkertaisesti eliminoimalla tuottamattomat päivät pois (kohta 2). Esimerkkitapauksessa on arvioitu tuotteen läpimenoajan olevan 21 päivää ja kuormituksen 280 tuntia (kohta 3).

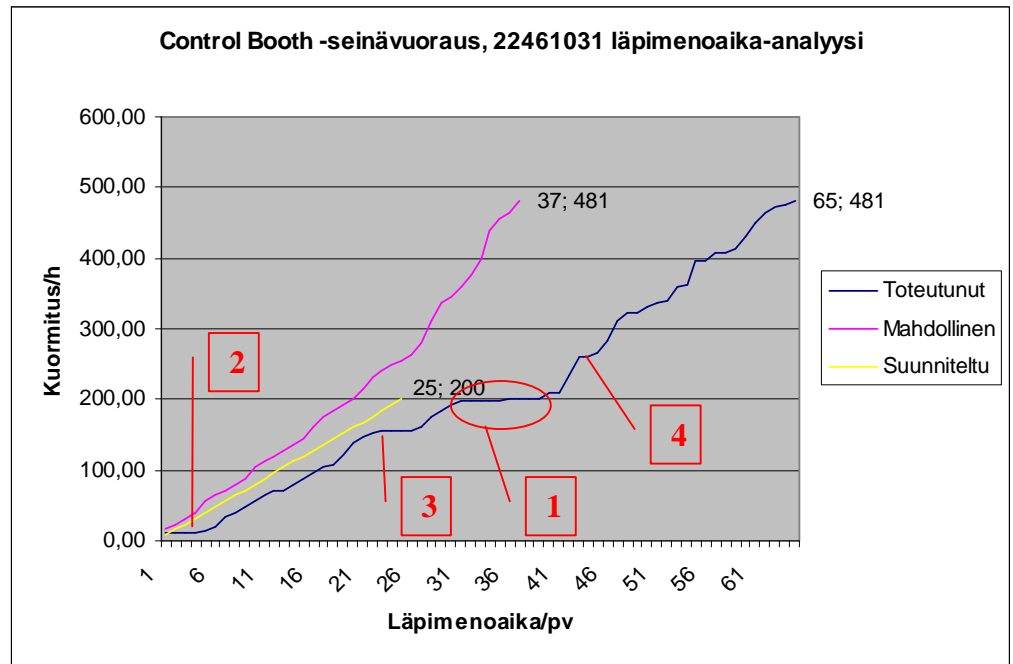
5.2.1 Seinäelementit

Ensimmäinen varsinainen läpimenoaika-analyysi on tehty seinäelementeistä (liite 2). Seinäelementit sisältävät yleisesti teräksisen runko-osan ja pintamateriaalin, jolla tuote on vuorattu. Lisäksi seinäelementti voi sisältää pieniäkin yksityiskohtia, joiden valmistus voi olla hyvin hankalaa. Runko-osa koostuu yleensä hitsatusta putkirakenteesta ja särmätyistä ohutlevyprofiileista (kuva 10).



Kuva 10. Esimerkki seinäelementistä

Seinäelementtien läpimenoaikojen ja kokonaiskuormitusten laskenta on vaikeinta kaikista elementeistä, koska elementtien päädimensiot, valmiusasteet ja yksityiskohtien lukumäärät vaihtelevat suuresti. Esimerkkikuvasta (kuva 10) voidaan todeta, että kaarevat pinnat lisäävät kuormitusta ja läpimenoaika oleellisesti. Seinäelementtien valmistusmäärät ovat yleensä pieniä, n. 1 - 3 kpl. Seuraavaa läpimenoaika-analyysia ei ole tehty kuvan 10 esimerkistä.

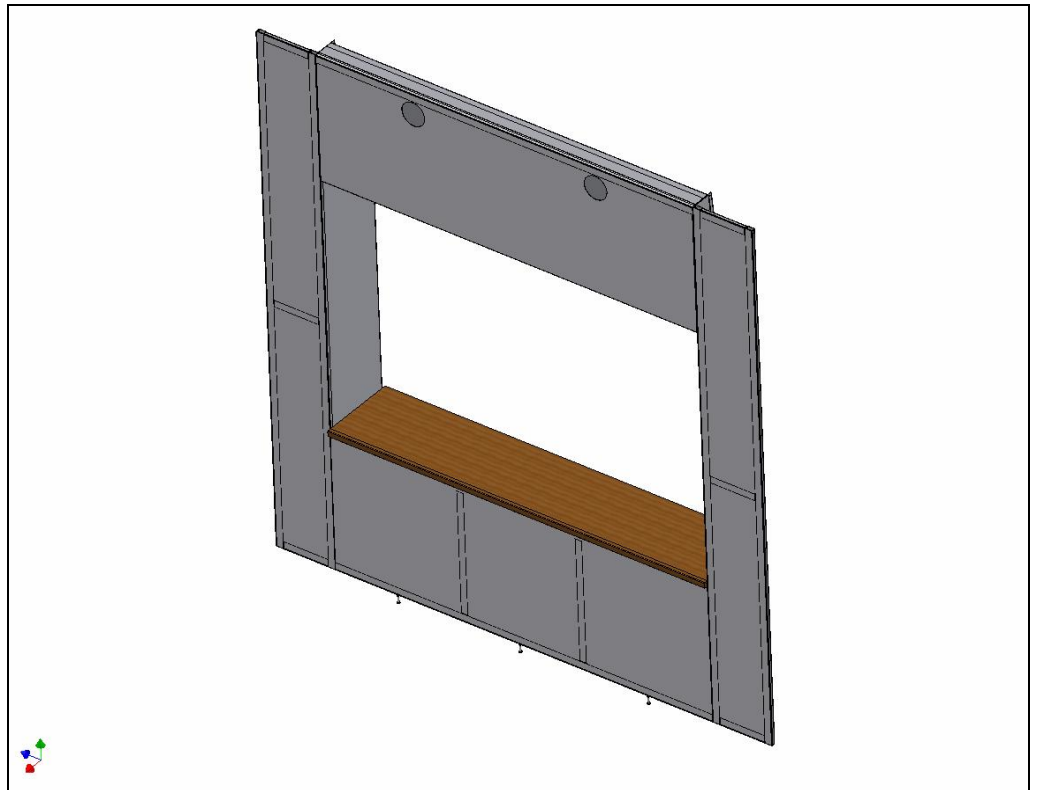


Kuva 11. Erään seinäelementin läpimenoaika-analyysi

Analyysistä huomataan (kuva 11) useita tuottamattomia työpäiviä. Pisin tuottamaton aikajakso on kohdassa 1, jossa on 7 tuottamatonta päivää. Lisäksi on useita 1 - 5 päivän taukoja (kohdat 2, 3 ja 4). Näiden eliminoinnilla olisi läpimenoaikaa saatu lyhennettyä likimain 21 työpäivää. Tuottamattomat päivät johtuvat enimmäkseen tiedonkulkuongelmista, joita esiintyi kyseisen tilauksen kohdalla. Tuotteen valmiusastetta muutettiin tuotannon aikana, mikä onkin hyvä esimerkki tiedonkulkuongelmasta. Lisäksi kyseinen tuote on ollut ensimmäinen tuote, joka on valmistettu elementtiperiaatteella. Tulkinta on kuitenkin, että toimitus ei ole myöhästynyt vaan tuotanto on aloitettu liian aikaisin. Tämä voi johtua esimerkiksi tilanteesta, jossa tuotannon kokonaiskuormitus on ollut matala. Tämän vuoksi tilaus on pitänyt aloittaa aikaisin kuormitusvajeen täyttämiseksi. Varattu kapasiteetti on ylitetty yli kaksinkertaisesti, koska kuormituslaskenta on ollut erittäin hankalaa kyseiselle tuotteelle. Tuote sisältää esimerkiksi runsaasti kaarevia pintoja.

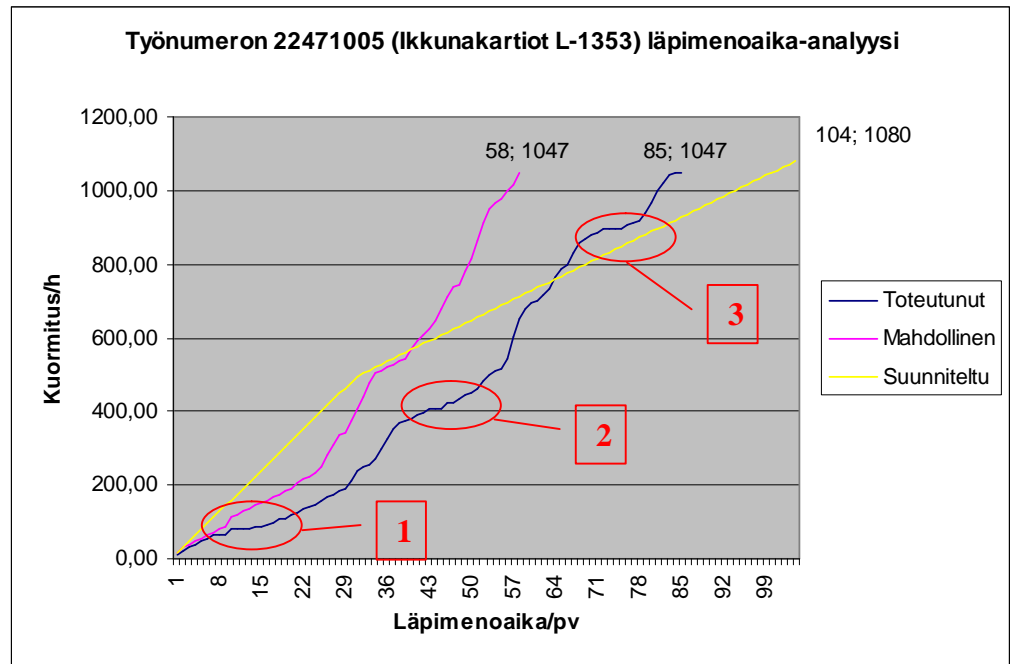
5.2.2 Ikkunaelementit

Ikkunaelementit kuuluvat osittain seinäelementteihin, mutta ne on käsitelty erikseen, koska niiden geometria poikkeaa oleellisesti ikkunattoman seinän elementeistä (liite 1). Ikkunaelementti nimensä mukaisesti asennetaan ikkunan ympärille. Elementti koostuu hitsatusta teräspuutarungosta, mutta se sisältää huomattavasti enemmän ohutlevytuotteita kuin normaali seinäelementti.



Kuva 12. Esimerkki ikkunaelementistä

Ikkunaelementtien tyypillisin ominaisuus on elementin keskellä oleva aukko (kuva 12), jonka koko ja muoto vaihtelevat elementistä riippuen. Tämä ominaisuus vaikuttaa läpimenoaikaan ja kuormitukseen suuresti. Toisaalta läpimenoaika koostuu enimmäkseen metallitöistä, joiden kuormituslaskenta tulisi olla helpompaa kuin muiden valmistusyksiköiden. Ikkunaelementtien valmistusmäärät ovat suurehkoja verrattuna muihin tuotteisiin, koska laivassa on aina runsaasti ikkunoita.



Kuva 13. Erään ikkunaelementtisarjan läpimenoaika-analyysi

Toteutunut läpimenoaika (kuva 13) on kolmois-s-käyrän muotoinen, joka kertoo kolmesta taantumasta läpimenoajan aikana. Taantumasta ovat lyhyitä, joten kuvaajan muutosnopeus kyseisessä kohdassa on pieni. Ensimmäinen taantuma on kohdassa 1. Lisätutkimuksen mukaan taantuma johtui materiaali puutteista. Valmistuksessa käytettävää materiaalia ei ollut tilattu ja virhe aiheutti n. 5 työpäivän seisokin tuotteiden valmistukselle. Toinen ja kolmas taantuma johtuivat materiaali puutteesta kohdissa 2 ja 3. Viimeinen taantuma juuri ennen toimitusta aiheutui sen sijaan asentajan puutteesta. Tilanteesta ei ollut saatavilla osaavaa verhoasentajaa. Kuvaajasta voidaan myös todeta, että kapasiteettitarve on kasvanut tuotannon edetessä. Tämä on voinut johtua tilanteesta, jossa tuotanto ei ole pysynyt aikataulussa ja tuotannon loppuvaiheessa on täytynyt paikata myöhästymisiä ylitöillä.

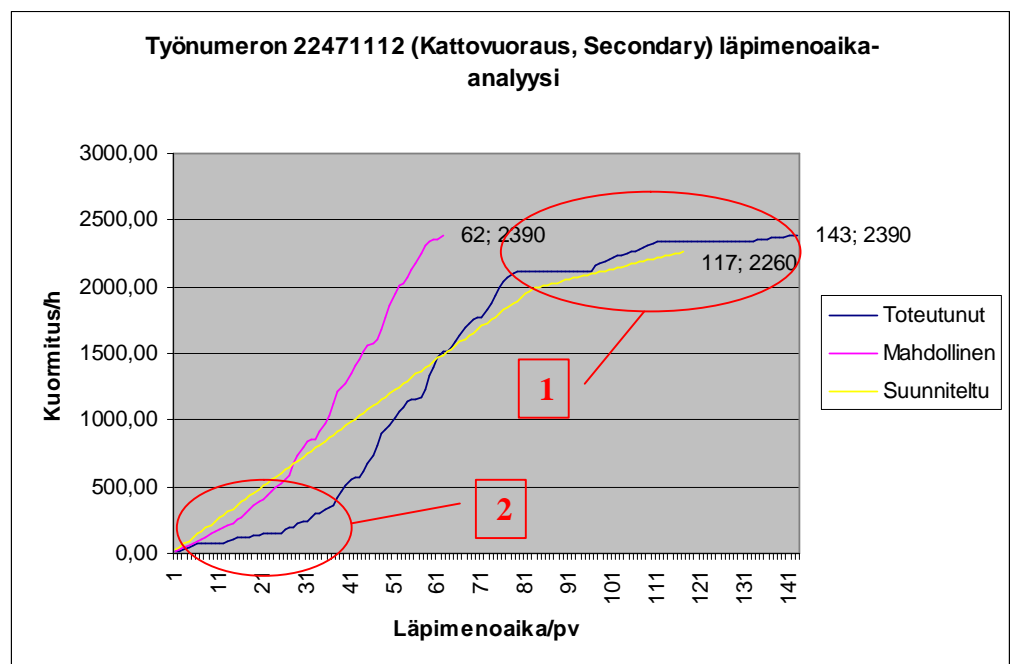
5.2.3 Kattoelementit

Kattoelementti koostuu pääosin ohutlevytuotteista (liite 3). Ainoastaan kantavat runkorakenteet hitsataan putkesta. Kattoelementtejä asennetaan paikkoihin, joissa kattokorkeus halutaan matalammaksi kuin muualla. Huolellisella ohutlevysuunnittelulla saadaan kattoelementteihin painonsäästöä elementin jäykkyydestä tinkimättä. Kattoelementin valmistus sisältää yleensä pintakäsittelyn, koska elementtien maalaus tms. on hankalampaa asennuksen jälkeen elementin ollessa kiinnitettynä kattoon (kuva 14).



Kuva 14. Esimerkki kattoelementistä

Kattoelementtien valmistuksessa on usein toistuvuutta, joka helpottaa hie-
man kuormituslaskentaa, mutta jälleen kaarevat pinnat aiheuttavat päinvas-
taista ilmiötä. Kuormitusmäärät ovat pienehköjä verrattuna muihin tuoteryh-
miin, poikkeuksena seuraava tuote josta esitetään läpimenoaika-analyysi.

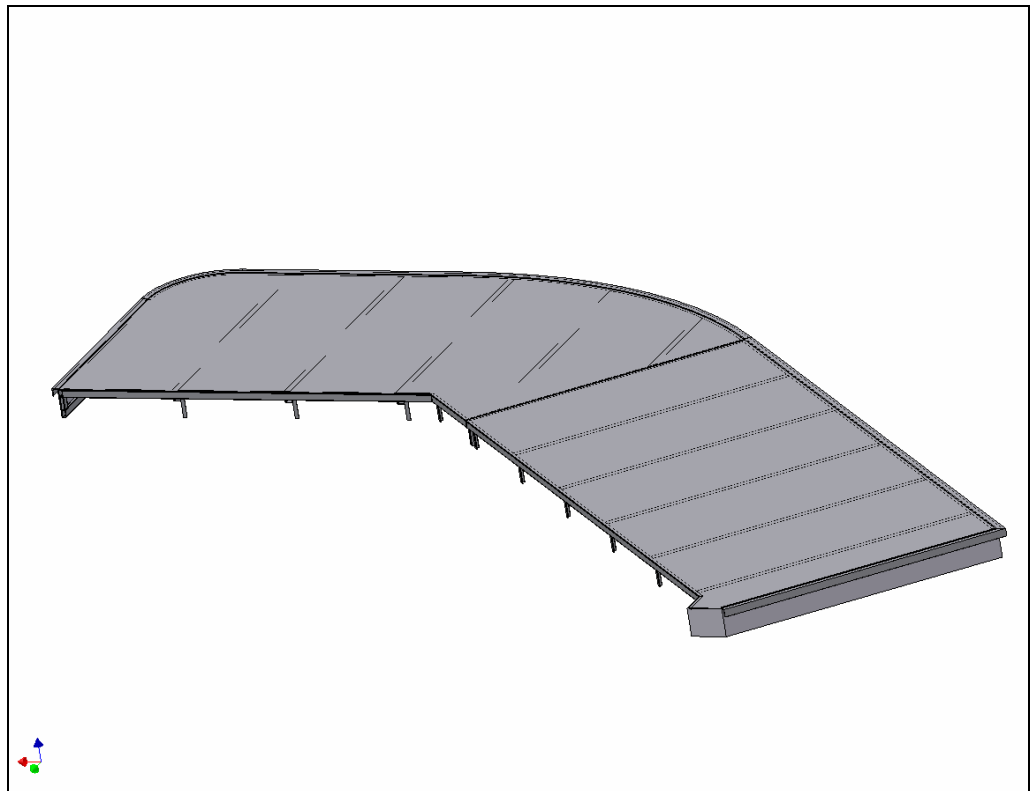


Kuva 15. Erään kattovuorauselementin läpimenoaika-analyysi

Toteutuneessa kaaviossa on aiheutunut vääristymää (kuva 15). Todellisuudessa tuote on toimitettu 81 päivänä. Kyseisen päivän jälkeiset tunnit kuuluvat eri tilaukselle, joten kyseessä on ollut inhimillinen erehdys (kohta 1). Kun tarkastellaan kaaviota näiden tietojen valossa, läpimenoaika on ollut 81 työpäivää ja kokonaiskuormitus on ollut n. 2100 tuntia. Tuotannon alkuvaiheessa (kohta 2) on ollut tieto- ja materiaali puutteita, joten kuormitus on ollut vähäistä. Vasta tämän vaiheen jälkeen on tuotanto voitu aloittaa täysipainoisesti ja tuote alitti kuormituslaskelmat. Toimitus myöhästyi liian myöhäisen tuotantoimpulssin vuoksi.

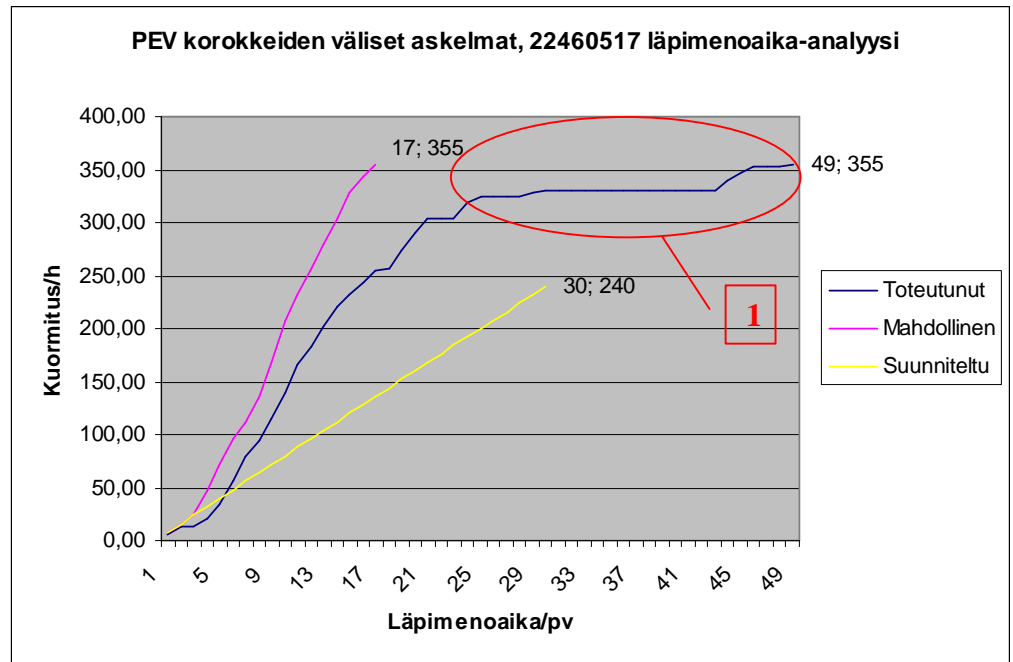
5.2.4 Lattiaelementit

Lattiaelementit ovat yleensä korokkeita, joita käytetään teattereiden, baarien ja pubien esiintymislavoina (liite 4). Elementit ovat lähes täysin metallituotteita. Runko on hitsattu putkirakenne ja kansi on valmistettu teräslevystä (kuva 16). Muita materiaaleja ei käytetä juurikaan. Ainoastaan pintakäsittely voi sisältyä valmistukseen. Lattiaelementtien muodot ja korkeudet voivat vaihdella suurestikin, mutta sisällä olevaan runkorakenteeseen pyritään saamaan toistuvuutta.



Kuva 16. Esimerkki lattiaelementistä

Toistuvuudesta ja metallityöpainotteisuudesta johtuen lattiaelementtien läpimenoaika on lyhyt ja kuormituslaskenta samankaltaista kuin kattoelementtien kohdalla.

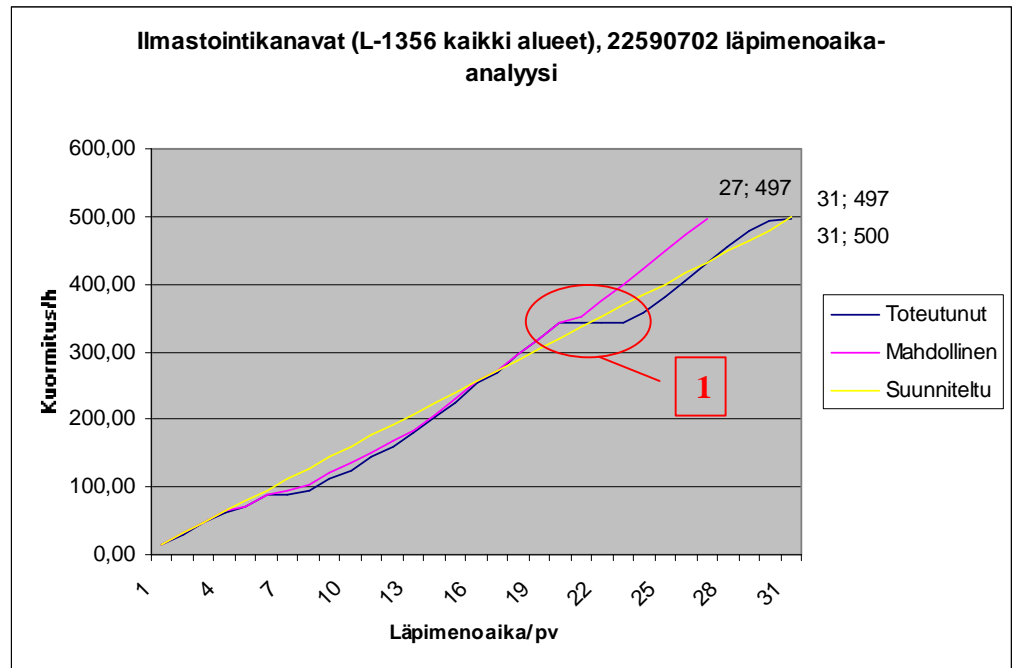


Kuva 17. Erään lattiaelementin läpimenoaika-analyysi

Tässä analyysissä havaitaan (kuva 17) sama ongelma, kuin edellisessä kattoelementin analyysissä (kuva 15). Tuotannon lopussa oleva taantuma (koh- ta 1) johtuu siitä, että tuote on toimitettu 25 työpäivänä, mutta sen jälkeen on toisen tuotteen valmistus aloitettu tämän tuotteen kustannuksella. Suunnitel- tu kuormitus on ylitetty, mutta tuotteella on ollut lyhyempi läpimenoaika kuin on odotettu. Kyseessä on ollut kiireellinen työ, jonka toimituspäivä on ollut 25 työpäivän kohdalla.

5.2.5 Ilmastointiosat

Ilmastointiosien valmistus sisältää paljon toistuvuutta, eikä se ole varsinaisesti yksittäistuotantoa. Ilmastointiosat ovat samanlaisia tuotteita, kuin rakennus- alalla käytettävät. Osien rakenteet säilyvät samanlaisina jokaisessa projektissa. Suunniteltaessa tuotantoa ilmastointikanaville voidaan nojata vahvasti jo saatuun dataan, joka on saatu vanhoista projekteista.



Kuva 18. Eräiden ilmastointikanavien läpimenoaika-analyysi

Analyysistä voidaan todeta tuotannonohjauksen onnistuminen (kuva 18). Läpimenoaikaa olisi voitu lyhentää muutamia päiviä johtuen materiaali- puutteista (kohta 1). Tässä tapauksessa läpimenoaikaa voidaan lyhentää kehittämällä valmistusmenetelmiä, joilla saadaan tuotteiden kuormittavuutta pienennettyä.

Luvussa 5.3 ei ilmastointiosille ole tehty työkustannusrakenneanalyysiä, koska ne sisältävät ainoastaan metallityötä.

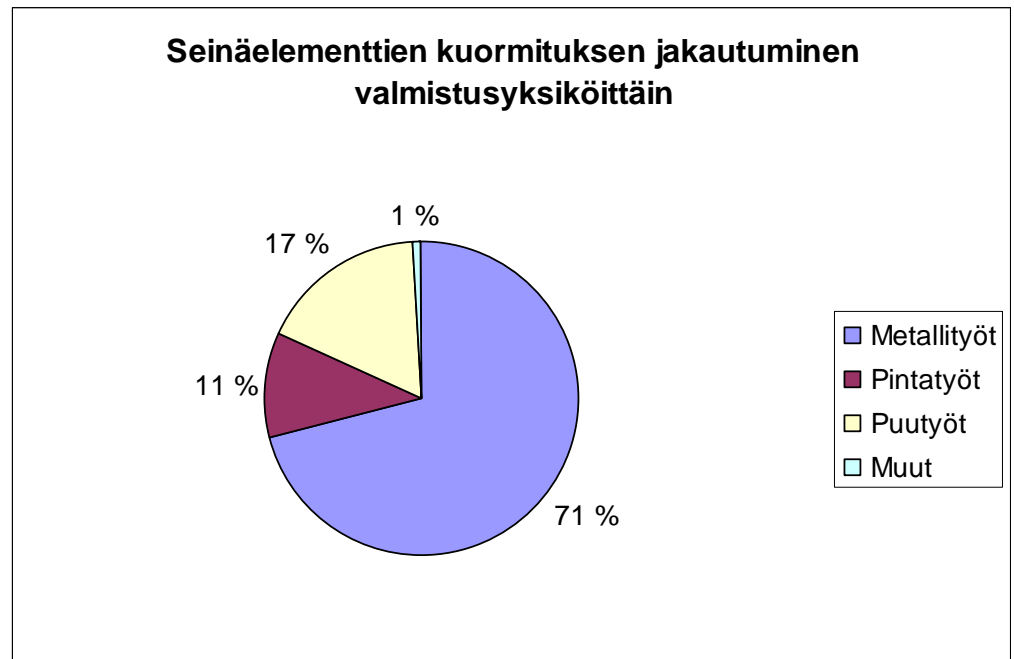
5.3 Kuormitusrakenne

Kuormitusrakenne kertoo tuoteyksikön työpanoksen jakautumisen eri valmistusyksiköittäin. Kuormitusrakenneanalyysi on hyvin samankaltainen kuin kehityksen painopisteanalyysi, mutta tässä kuormitus on jaettu valmistusyksiköittäin jokaiselle tuoteryhmälle. Kuormitusrakenneanalyysissä etsitään nimelliselle tuoteyksikölle tärkeimmät kehityskohteet.

5.3.1 Seinäelementit

Kuten luvussa 5.2.1 todettiin, seinäelementit sisältävät yleensä teräksisen runko-osan ja dekoratiivisen pintamateriaalin. Tuotannossa valmistettavat elementit ovat harvoin täysin suoria seinäkkeitä, koska ne voidaan helposti valmistaa myös laivassa. Perusajatuksena voidaankin pitää: mitä monimut-

kaisempi seinäelementti on, sitä varmemmin se valmistetaan tuotetehtaassa.

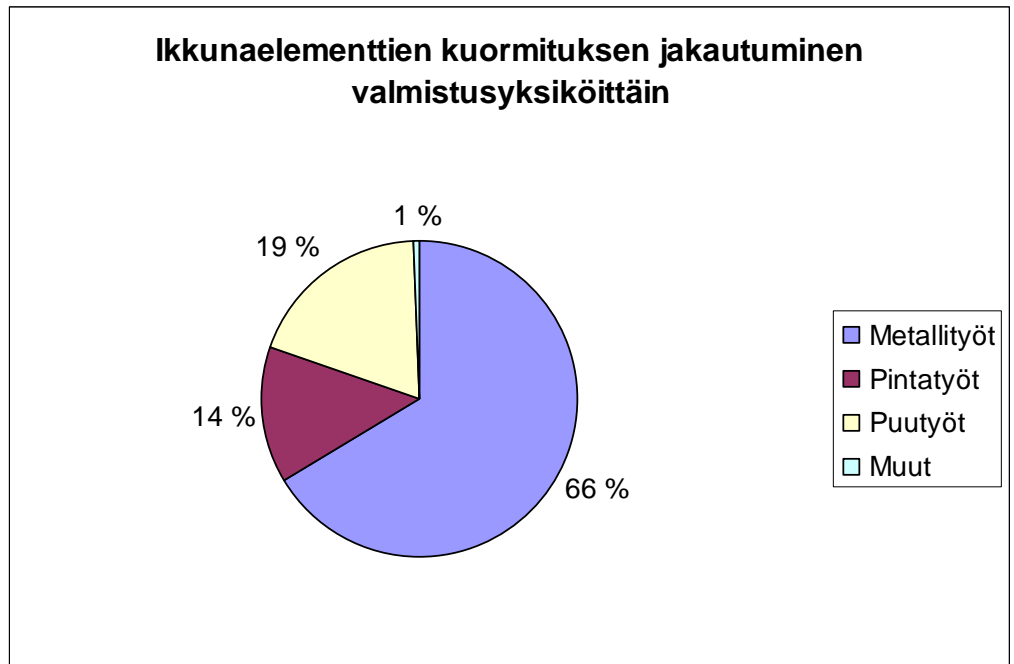


Kuva 19. Seinäelementtien kuormitus

Seinäelementit kuormittavat metallityöyksikköä huomattavan paljon (kuva 19). Metallityöyksikkö voi sisältää useita erilaisia työvaiheita, eikä niitä voida erotella toisistaan tuotannonohjausjärjestelmässä. Osa metallityöyksikön työmäärästä ei ole dekoratiivista, joten sen suhteellinen pienentäminen olisi hyvä kehityskohde. Seinäelementtien kohdalla dekoratiivisen työn osuus tulisi olla hyvinkin suuri, jos näkyvien pintojen tulee olla vuorattu esimerkiksi fibrolevyllä.

5.3.2 Ikkunaelementit

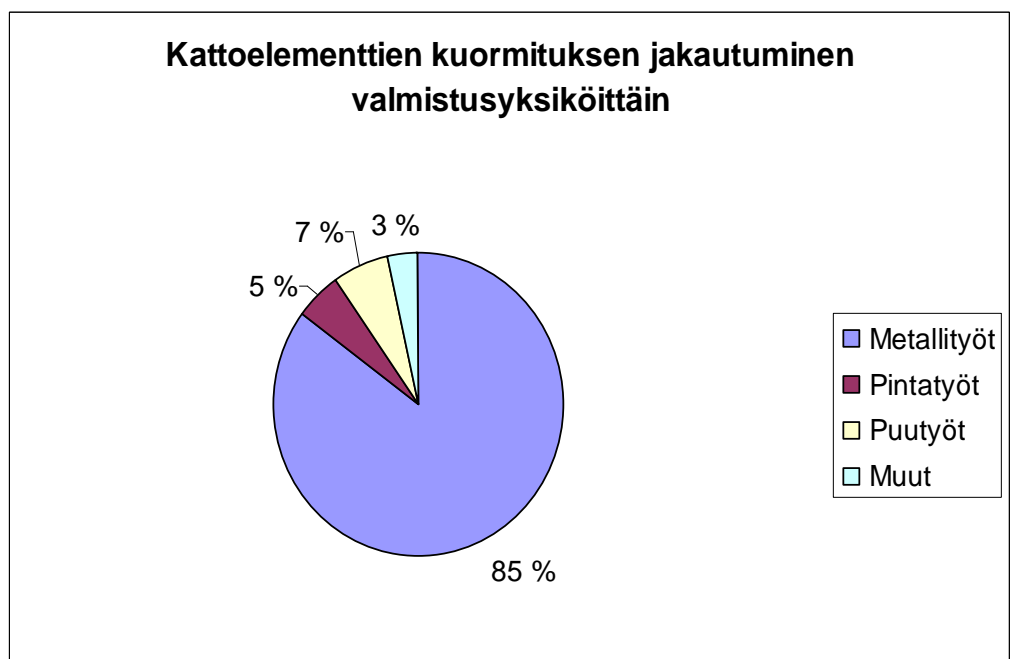
Luvun 5.2.2 mukaan ikkunaelementit sisältävät huomattavan paljon ohutlevyprofiileja ja siten eroavat seinäelementeistä paljonkin. Ikkunaelementtien geometriset muodot vaativat sopivia valmistusmenetelmiä.



Kuva 20. Ikkunaelementtien kuormitus

Myös ikkunaelementtien kuormitusjakauma on metallityöpainotteinen (kuva 20). Samoin kuin seinäelementtien kohdalla, ikkunaelementtien metallipinnat voivat olla myös dekoratiivisia. Näin ollen metallitöitä ei voida missään tapauksessa kokonaan poistaa, mutta dekoratiivisten metallitöiden osuutta voidaan kasvattaa merkittävästi.

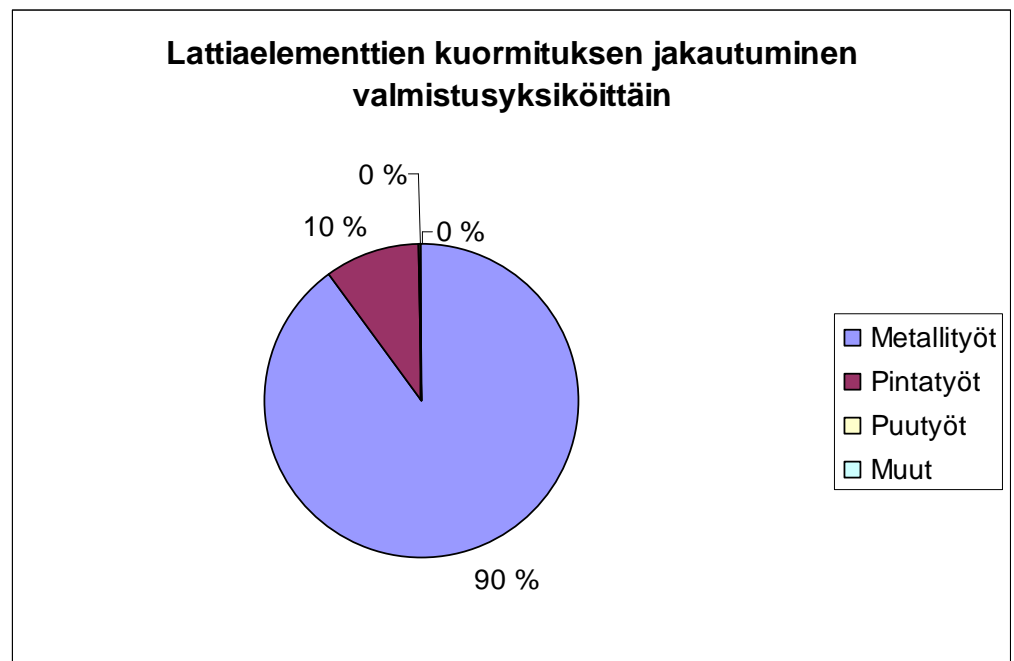
5.3.3 Kattoelementit



Kuva 21. Kattoelementtien kuormitus

Kattoelementtien runko-osa on valmistettava teräsosista (kuva 21), koska elementti kiinnitetään laivassa hitsaamalla. Itse elementti ei sisällä kuin runko-osan ja arvion mukaan n. 10 % dekoratiivista pintaa. Tämä dekoratiivinen pintakin on yleensä maalattua terästä, joten tästä johtuu kattoelementtien suuri kuormitus metallityöyksikköön.

5.3.4 Lattiaelementit



Kuva 22. Lattiaelementtien kuormitus

Lattiaelementtien kuormitusjakauma (kuva 22) kertoo selkeästi sen, että ne valmistetaan lähes kokonaan teräksestä. Materiaali on terästä, koska elementit kiinnitetään aina hitsaamalla laivassa.

6 OHJATTAVUUSANALYYSIN HAVAINNOT

Tässä luvussa pohditaan ohjattavuusanalyysissä esiin tulleita ongelmia ja potentiaalisia kehityskohteita. Neljä selkeää havaintoa ovat

- kuormituslaskentaongelma
- tuotannon keskeytyminen materiaali- tai tiedonpuutteen vuoksi
- jälkilaskentaongelma
- yksi tuotetilaus saattaa sisältää useita valmistusimpulsseja.

Luvun 5.1 kuvan 5 mukaan huomataan, että ikkunaelementtien kokonaiskuormitus on n. 41 % kaikista tuoteryhmistä seuranta-aikana. Seuranta-aikana kuitenkin ikkunaelementtien valmistus oli suurimmillaan, joten todel-

lista tietoa tuoteryhmien välisestä kuormituksesta ei voida todeta. Kyseinen analyysi vaatii huomattavasti pidemmän aikavälin tarkastelujakson, jotta se on luotettava. Analyysillä olisi voitu selvittää tärkein kehityskohde tuoteryhmistä..

Kun verrataan luvun 3.3 määritelmiä tuotannonohjauksen onnistumisesta, voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä:

Uuden tilauksen sijoittaminen tuotantosuunnitelmaan

Yrityksen tuotannossa tulee aina tilanteita, joissa tuotantosuunnitelmaan sijoitetaan uusia tilauksia. Tilaukset ovat suhteellisen pieniä kuormitukseltaan, mutta ne sekoittavat aina hieman tuotantosuunnitelmaa. Koska kyseessä on yksittäistuotanto, on tuotantosuunnitelman laatiminen aina erityisen hankalaa ja lisätilaukset hankaloittavat sitä vielä enemmän. Tuotannonohjauksen täydellinen onnistuminen tuleekin olla vain teoreettinen tavoite.

Materiaalien saatavuus

Analyysissä havaittiin useita kertoja materiaali puute, joka keskeytti tuotannon. Usein puuttuva materiaali on erikoismateriaali, jonka toimitusaika voikin olla erittäin pitkä. Tätä toimitusaikaa on usein vaikea ottaa huomioon tuotantosuunnitelmaa tehtäessä. Materiaalien hankintapolitiikka onkin potentiaalinen kehityskohde, jolla voidaan vaikuttaa tuotteen läpimenoaikaan merkittävästi.

Toiminta valmistusimpulssin jälkeen

Häiriöt tuotantoimpulssin jälkeen ovat kokonaisvaltaisesti suuri ongelma. Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, osa häiriöistä johtuu materiaali puutteista. Häiriöitä aiheuttavat materiaali puutteiden lisäksi valmistussuunnittelun virheet ja puutteelliset tiedot. Tyypillinen tiedonpuuteongelma on määrittämättömän valmiusaste. Tuotteelle ei ole selkeästi määritelty, mitä se sisältää.

Tuotantosuunnitelman toteutuminen

Kokonaisvaltaisesti voidaan todeta, että tuotantosuunnitelma toteutuu hyvin. Vaikka kuormituslaskenta ja läpimenoaika ylitetäänkin usein, saadaan tuotteet toimitettua sovittuna ajankohtana. Toimitusaikapito onkin tärkeä tekijä tuotannossa.

6.1 Kuormituslaskenta

On todettu erittäin selkeä kuormituslaskentaongelma. Suunnittelun ja toteutuman ero on suuri, joka heijastaa ongelmia edelleen eteenpäin. Kuormituslaskennassa tulisi nojata aina johonkin tietoon, jolla laskenta voitaisiin tehdä. Täysin arvioperusteisesta kuormituslaskennasta tulisi päästä eroon. Esimerkiksi laskennassa voitaisiin käyttää hyväksi valmiiden tuotteiden kuormitusmalleja.

Tutkimuksessa esiintyi tuote, jonka kuormitus oli ainoastaan metallityötä. Tuote oli putkirunkoinen eli tuottavaan työhön liittyi ainoastaan sahaus ja hitsaus. Työvaiheiden yhteiskuormitus oli n. 200 tuntia ja putkiliitosten määrä n. 450 kappaletta. Tästä voidaan yksinkertaisesti laskea, että keskimäärin yhden putken katkaisu ja hitsaus vaativat kapasiteettia 0,44 tuntia. Kyseinen laskelma on ainoastaan esimerkki, eikä sitä tule käyttää todellisuudessa kuormituslaskennassa ilman jatkotutkimuksia.

Tätä tietoa voitaisiin käyttää putkirunkojen kuormituslaskennassa, luonnollisesti esimerkkilaskelmaan tulee ottaa mukaan useita tuotteita, joiden metallityökuormitus on tiedossa. Samankaltaisella keskiarvolaskennalla voidaan selvittää esimerkiksi yhden levyn särmäykseen tarvittava keskimääräiskapasiteetti. Erilaisten keskiarvokuormitusmallit voisivat esimerkiksi perustua tuotteen pinta-alaan, tilavuuteen tai liitosten määrään.

Myös työntekijöiden panos tulisi ottaa kuormituslaskentaan mukaan. Omalta osaltaan kyseisen työn suorittaja olisi siis vastuussa toteutuneesta kuormitusmäärästä.

6.2 Tuotannon keskeytyminen

Valmistusprosessi keskeytyy usein tuotannossa. Näiden keskeytysten eliminomisella voitaisiin saada lyhennettyä läpimenoaikaa merkittävästi. Jatkoselvityksessä havaittiin kolme selkeää syytä valmistusprosessin keskeytymiselle.

Useimmiten materiaalipuute keskeyttää valmistusprosessin. Puuttuva materiaali on erikoismateriaalia, jonka toimitusaika ei välttämättä ole ollut tiedossa tuotantoa suunniteltaessa. Materiaalien saatavuus onkin varmistettava mahdollisimman aikaisin suunnitteluvaiheessa.

Toinen keskeytyssyy on tiedonpuute, joka voi johtua useasta sisäisestä tai ulkoisesta tekijästä. Sisäisten tiedonkulkuongelmien pienentäminen tai poistaminen on mahdollista yksinkertaisin kehityspanoksien. Ulkoisiin tiedonkulkuongelmiin on erittäin vaikea vaikuttaa, mutta niiden huomioonottaminen on tärkeää.

Lisäksi tuotantoa keskeyttävät lisätyöt, joita projektiorganisaatiot tilaavat erittäin lyhyellä toimitusajalla. Tällöin joudutaan keskeyttämään tilaustuotteen valmistusprosessi, koska lisätöiden prioriteetti on suurempi kuin tilaustuotteen.

6.3 Jälkilaskentaongelma

Koska metallityöosaston valmistusyksikkö voi sisältää suuren määrän erilaisia töitä, se tulisi olla eroteltavissa jälkilaskennassa. Näiden töiden erottelu on hyvin tärkeää kehityskohteiden löytämiseksi. Esimerkiksi dekoratiivisen työn määrä tulisi olla mahdollisimman suuri suhteessa muuhun työmäärään. Myös muiden valmistusyksiköiden töiden erottaminen jälkilaskennassa on kannattavaa tehdä. Ongelman korjaus vaatii kehitystä tuotannonohjausjärjestelmään.

6.4 Tuotetilaus

Projektin tilaamassa tuotesarjassa eli positiossa voi olla kymmeniä tuotteita. Tuotannonohjausjärjestelmä käsittelee kuitenkin tätä tuotesarjaa yhtenä kokonaisuutena, vaikka ne voidaankin valmistaa pienemmissä erissä ja eri valmistusimpulsseina. Tämä aiheuttaa seurantaongelman, koska todellista läpimenoaikaa ei pystytä valmistuksen jälkeen enää tarkastelemaan. Tuotetilaus tulisi jakaa tarvittaessa pienempiin osiin, joissa jokainen valmistusimpulssi olisi oma tilauksensa.

Tuotannonohjausjärjestelmästä tulisi kehittää jatkuvan seurannan työkalu, josta voitaisiin tarvittaessa saada helposti myös tässä ohjattavuusanalyysissä käytetyt analyysit. Tuotannonohjausjärjestelmää voitaisiin käyttää silloin myös jatkuvana tuotannon kehitystyökaluna.

VIITELUETTELO

- [1] Viitanen, Mikko ym. *Suomen meriklusteri*. Helsinki: TEKES. 2003.
- [2] Kuopion yliopisto, Savonia ammattikorkeakoulu. *Tuotannollinen yritys* [verkkodokumentti]. 20.3.2007 [viitattu 20032007]. Saatavissa: http://www.uku.fi/avoin/tuta/j1_2tuotannollinen_yritys.htm
- [3] Lapinleimu, Ilkka. *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY. 1997.
- [4] Tuotantopäällikkö Mika Myllymäen haastattelu. 12.1.2007. Merima Oy.
- [5] Eloranta, Eero – Räisänen, Juha. *Ohjattavuusanalyysi*. Helsinki: KYRIIRI OY. 1986.

ESIMERKKIKUVA IKKUNAELEMENTISTÄ



ESIMERKKIKUVA SEINÄELEMENTISTÄ



ESIMERKKIKUVA KATTOELEMENTISTÄ



ESIMERKKIKUVA LATTIAELEMENTISTÄ



